

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-021803

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl. G02B 15/20
G02B 13/18
// H04N 5/225

(21)Application number : 11-190647 (71)Applicant : SONY CORP

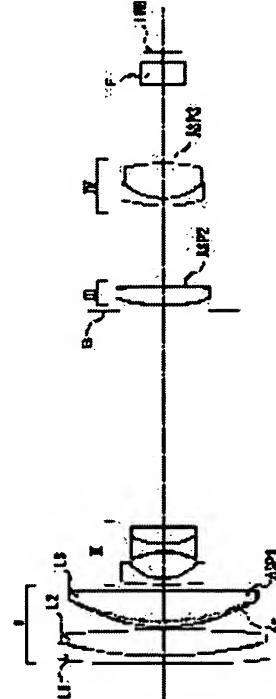
(22)Date of filing : 05.07.1999 (72)Inventor : NANJO YUSUKE

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a zoom lens in which chromatic aberration at the telephoto end is effectively improved by a comparatively inexpensive glass material and an aspherical surface.

SOLUTION: A first lens group is composed of a concave lens L1, a convex lens L2 and a convex lens L3 in this order from the object side, at least one surface is aspherical, and the following conditional expressions (1) to (3) are satisfied: (1) $1.48 < (n_2 + n_3)/2 < 1.68$, (2) $50 < (v_2 + v_3)/2 < 75$, and (3) $-0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3)/2 < 0.02$. When the refractive indexes of the C line, the (d) line, the F line, and the (g) line are respectively defined as n_C , (n_d) , n_F and (n_g) , (n_i) is the refractive index (n_d) of the lens L_i for the (d) line, (v_i) is the Abbe number $v = (n_d - 1)/(n_F - n_C)$ of the lens L_i , ΔP_i is deviation in the longitudinal direction from a standard line passing through the points representing the glass material BSC7 and BaF10 when P is partial dispersion ratio expressed by $P = (n_g - n_F)/(n_F - n_C)$ and when the kind of glass is shown in a figure where the axis of abscissa represents (v) and the axis of ordinate represents P .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-21803

(P2001-21803A)

(43) 公開日 平成13年1月26日(2001.1.26)

(51) Int. C1.⁷
G 02 B 15/20
13/18
// H 04 N 5/225

識別記号

F I
G 02 B 15/20
13/18
H 04 N 5/225

テマコード(参考)
2H087
5C022
D 9A001

審査請求 未請求 請求項の数 6

OL

(全32頁)

(21) 出願番号 特願平11-190647

(22) 出願日 平成11年7月5日(1999.7.5)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 南條 雄介
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー
株式会社内

(74) 代理人 100063174
弁理士 佐々木 功 (外1名)

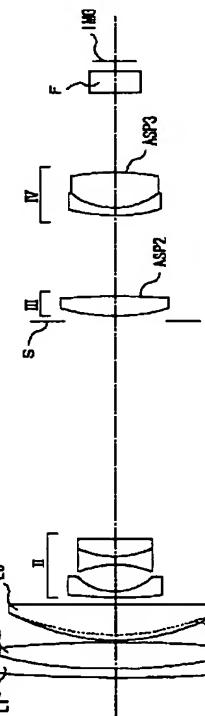
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 望遠端における色収差を比較的安価な硝材と非球面とにより効果的に改善したズームレンズを提供する。

【解決手段】 第1レンズ群は物体側より順に凹レンズL₁、凸レンズL₂及び凸レンズL₃よりなり、少なくとも1面が非球面で、次の条件式(1)～(3)を満足する。
 (1) $1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$ 、
 (2) $50 < (\nu_2 + \nu_3) / 2 < 75$ 、
 (3) $-0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$ 、但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれn_C、n_d、n_F、n_gとすると、n_i:レンズL_iのd線における屈折率n_d、ν_i:レンズL_iのアッベ数ν=(n_d-1)/(n_F-n_C)、ΔP_i:部分分散比P=(n_g-n_F)/(n_F-n_C)として、横軸にν、縦軸にPをとって硝種を図示したとき、硝材BSC7とBaF10を通る標準線からの縦方向の偏差。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群が相対的な距離を変化させることにより変倍を行うズームレンズにおいて、上記第1レンズ群は物体側より順に凹レンズL1、凸レンズL2および凸レンズL3よりなり、少なくとも1面が非球面で、次の条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$$

$$(2) \quad 50 < (\nu_2 + \nu_3) / 2 < 75$$

$$(3) \quad -0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれnC、nd、nF、ngとすると

ni: レンズLiのd線における屈折率nd

vi: レンズLiのアッベ数v = (nd - 1) / (nF - nC)

ΔPi: 部分分散比 P = (ng - nF) / (nF - nC) として、横軸にv、縦軸にPをとって硝種を図示したとき、図示していない硝材C7とF2を通る標準線からの縦方向の偏差で、異常分散性を表す目安とする。

【請求項2】 上記非球面が球面ガラスに樹脂の非球面層を形成した複合非球面であることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群から構成されるズームレンズにおいて、上記第1レンズ群は物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面を向けた凸レンズL3によりなり、この第1レンズ群に少なくとも1面の非球面を含み、次の条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$$

$$(2) \quad 50 < (\nu_2 + \nu_3) / 2 < 75$$

$$(3) \quad -0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれnC、nd、nF、ngとすると

ni: レンズLiのd線における屈折率nd

vi: レンズLiのアッベ数v = (nd - 1) / (nF - nC)

ΔPi: 部分分散比 P = (ng - nF) / (nF - nC) として、横軸にv、縦軸にPをとって硝種を図示したとき、図示していない硝材C7とF2を通る標準線からの縦方向の偏差で、異常分散性を表す目安とする。

【請求項4】 上記非球面が球面ガラスに樹脂の非球面層を形成した複合非球面であることを特徴とする請求項

3に記載のズームレンズ。

【請求項5】 物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群、およびほぼ屈折力がゼロの第5レンズ群から構成されるズームレンズにおいて、上記第1レンズ群は物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面を向けた凸レンズL3によりなり、この第1レンズ群に少なくとも1面の非球面を含み、次の条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$$

$$(2) \quad 50 < (\nu_2 + \nu_3) / 2 < 75$$

$$(3) \quad -0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれnC、nd、nF、ngとすると

ni: レンズLiのd線における屈折率nd

vi: レンズLiのアッベ数v = (nd - 1) / (nF - nC)

ΔPi: 部分分散比 P = (ng - nF) / (nF - nC) として、横軸にv、縦軸にPをとって硝種を図示したとき、図示していない硝材C7とF2を通る標準線からの縦方向の偏差で、異常分散性を表す目安とする。

【請求項6】 上記非球面が球面ガラスに樹脂の非球面層を形成した複合非球面であることを特徴とする請求項5に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、6倍以上の高倍率ズームレンズ、主に民生用ビデオカメラおよび静止画用ビデオカメラに関するもので、特に望遠端における色収差を比較的安価な硝材と非球面により効果的に改善する手段を提供することを目的とする。

【0002】

【従来の技術】 従来の民生用ビデオカメラ用ズームレンズは、たとえば特許第2746155号公報などで公知の物体側より正、負、正の屈折力配置を持つ4群構成のズーム方式が一般的であり、また本発明者は上記4群ズームレンズの像側にアッベ数の異なる2枚のレンズで構成した屈折力がほぼゼロの第5群を追加して色収差の変動を改善した発明も提供している。

【0003】 ズーミングしても球面収差の変動が小さく抑えられる原理は、第1レンズ群がアンダー側の固有の球面収差の要因を持っており、第2レンズ群がオーバー側の要因を持っており、広角側から望遠側へズーミングすると、第1レンズ群と第2レンズ群に入射する光線高がともに高くなり、アンダー側とオーバー側の球面収差

の発生量がバランス良く増大して打ち消し合うという性質に基づいている。

【0004】しかし一般的に高倍率化や小型化のために第1レンズ群と第2レンズ群の屈折力が大きくなると、全系の球面収差を良好に補正するには第1レンズ群が持っているアンダー側の要因をできるだけ小さく抑える必要が生じて、その一般的な解決策が第1レンズ群を構成する凸レンズ、特にレンズL3の屈折率を高くして曲率を緩くすることによって、第1レンズ群固有のアンダー側の球面収差要因を減らすことであった。

【0005】又、望遠端の残存色収差は、上記第1レンズ群を構成する硝材の異常分散性が、支配的な要因である。図36に横軸をアッペル数v、縦軸を屈折率nとしてHOYA株式会社の硝種の一部を図示する。又、図37に横軸をv、縦軸を部分分散比P = (ng - nF) / (nF - nC)として同じ硝種を図示する。図37において、図示していない硝材C7とF2を通る標準線に對して、縦方向の偏差をΔPとして2次スペクトルを考察する上での目安となる。凹レンズは標準線の下側、凸レンズは標準線は上側から選んで、凹レンズと凸レンズの硝材を結ぶ直線が、標準線の傾きよりもなだらかになれば、標準線上の硝材同士で色消しを行ったときより、2次スペクトルは減少する。

【0006】先ず、1次の色消し条件を満足するときに、凹レンズL1対凸レンズL2、L3の硝材のアッペル数の差ができるだけ大きい方が、凹レンズ、凸レンズとも屈折力が弱くでき色収差以外の収差補正に都合が良い。たとえば凹レンズL1には硝材FD60やFDS90がよく使われる。凸レンズL2、L3には硝材BaCD5、BaCD16などがアッペル数の差が大きく取れて都合が良い。このとき図37でみると、硝材FD60やFDS90は標準線の上側にあって2次スペクトルに関して不利な方向にあるが、硝材BaCD5やBaCD16はほぼ標準線上にあって悪い方向には働いていない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが高倍率化や小型化を進めようとすると、第1レンズ群固有のアンダー側の球面収差の要因を小さくする必要が生じ、その解決手段として凸レンズの屈折率を高くして曲率を緩くする手段を取るのが一般的である。具体的にはレンズL2、L3に硝材LaC14、LaC8、TaF1、TaF3などが使われる。これを図37で見ると標準線の下側にあって、2次スペクトルに関して悪化する方向に働く。高屈折率低分散ガラスは一般的に異常分散性が2次スペクトルを増大する方向にΔPがマイナスの値を持っており、コストの高い高屈折率低分散ガラスを体積の大きい第1レンズ群に採用することで、単色の収差補正是良好なまま高倍率化や小型化が進められてきたが、2次スペクトルの悪化とコストの増大という欠点と引き換えになっていた。

【0008】高倍率化が進んで、望遠端が、所謂、超望遠レンズになると、望遠端の画質は2次スペクトルが支配的に左右するようになり、ズーミング中の収差変動を高屈折率ガラスで解決することと、望遠端の画質維持を両立することが困難になってきた。また撮像素子の画素ピッチが極めて微細になる静止画用ビデオカメラでは、従来の動画ビデオカメラに比べてより高周波成分まで再生されて評価の対象になるので、動画ビデオ用レンズで許容されていた収差が目立つようになり、動画用レンズを静止画用に流用することができず、望遠端の2次スペクトルについても改善する手段が求められている。

【0009】一般的に収差補正に大きな効果がある非球面は、3次収差係数の計算式からペツツバール和と色収差には影響を与えないことが知られている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、上記課題を解決するために、第1レンズ群を以下の構成にしたことを特徴とするものである。

【0011】正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群が相対的な距離を変化させることにより変倍を行うズームレンズにおいて、上記第1レンズ群は物体側より順に凹レンズL1、凸レンズL2および凸レンズL3よりなり、少なくとも1面が非球面で、次の条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とする。

- (1) $1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$
- (2) $50 < (v_2 + v_3) / 2 < 75$
- (3) $-0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれnC、nd、nF、ngとすると
ni: レンズLiのd線における屈折率nd
vi: レンズLiのアッペル数v = (nd - 1) / (nF - nC)

ΔPi: 部分分散比 P = (ng - nF) / (nF - nC)として、横軸にv、縦軸にPをとって硝種を図示したとき、図示していない硝材C7とF2を通る標準線からの縦方向の偏差で、異常分散性を表す目安とする。

【0012】また上記第1レンズ群の構成を従来の正、負、正、正の屈折力配置を持つ4群ズーム方式およびこの4群ズームの像側に屈折力がほぼゼロの第5群を持つ5群ズーム方式に適用したことを特徴とする。

【0013】本発明は、第1レンズ群固有のアンダー側の球面収差の要因を小さくすることを第1レンズ群の少なくとも1面を非球面とすることで解決し、凸レンズL2、L3の硝材は、高屈折率低分散ガラスを採用しないで、あまり標準線(図37参照)の下側にいかないように配慮して、2次スペクトルの悪化を招かないという手段であり、これによって高機能と高性能の両立を達成するものである。

【0014】2次スペクトルを解決する手段として、異常分散性の強い硝材、例えば硝材FCD1などを用いることは極めて有効であるが、一般的にアッペ数と部分分散比を螢石に近づけた硝材は、独特的の製造上の困難を伴い、コスト増加や製造数量の制限につながることがあり、民生用ビデオカメラ等では適さないと言える。

【0015】上記条件式(1)と(2)は、第1レンズ群の凸レンズを1次の色消し条件と主波長の収差補正を非球面を使用するという前提条件の上で成り立たせるものである。

【0016】更に、条件(3)を加えることで硝材の選択肢が、2次スペクトルが悪化しないように標準線から下側にあまり逸脱しないようにするもので、従来非球面を導入しない場合に使用していた硝材LaC14、LaC8、TaF1、TaF3など標準線より下側に位置する硝種は除外される。

【0017】この条件式(1)、(2)、(3)を満足する硝材として具体的にはFC5、BSC7、BaCD5、BaCD12、BaCD16、BaCD15、BaCED5、BaF10などがあげられる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るズームレンズの種々の実施例について、図面を参照して説明する。

【0019】実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群I(非球面ASP1)、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群II、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群III(非球面ASP2)、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群IV(非球面ASP3)から構成され、フィルターFを介して撮像素子IMGに結像される。尚、第2レンズ群IIと第3レンズ群IIIとの間であって第3レンズ群IIIに近接した位置に絞り機構Sを備えた構造となっている。

【0020】このような構成からなるズームレンズにおいて、上記第1レンズ群Iは物体側より順に物体側に凸面向けた凹メニスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面向けた凸レンズL3とからなり、凸レンズL3の物体側の面に樹脂の非球面層ASPを形成した複合非球面(ASP1)を形成し、下記の条件式(1)乃至(3)を満足する構成となっている。

$$(1) \quad 1.48 < (n_2 + n_3) / 2 < 1.68$$

$$(2) \quad 50 < (\nu_2 + \nu_3) / 2 < 75$$

$$(3) \quad -0.001 < (\Delta P_2 + \Delta P_3) / 2 < 0.02$$

但し、C線、d線、F線、g線における屈折率をそれぞれnC、nd、nF、ngとする

ni: レンズLiのd線における屈折率nd

ν_i : レンズLiのアッペ数 $\nu = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

ΔP_i : 部分分散比 $P = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ として、横軸にν、

縦軸にPをとって硝種を図示したとき、図示していない硝材C7とF2を通る標準線からの縦方向の偏差で、

10 異常分散性を表す目安である。

【0021】尚、実施例1の表1～表4、参考数値例1の表5～表8、実施例2の表9～表12、参考数値例2の表13～表16、実施例3の表17～表20、実施例4の表21～表24、参考数値例3の表25～表28の、数値例で共通した項目を下記に示す。

i': 第i面に形成した薄い樹脂層に関わる添え字

r_i: 第i面の曲率半径[m]

d_i: 第i面の後ろの面間隔[m]

n_i: レンズLiの材質のd線における屈折率

20 ν_i : レンズLiの材質のアッペ数

ΔP_i : レンズLiの部分分散比Pの標準線からの縦方向の偏差(図37参照)

非球面の定義: 非球面の深さx_i、光軸からの高さをHとして次式で表す。

$$x_i = H^2 / r_i \{ 1 + (1 - H^2 / r_i^2)^{1/2} \} + \sum A_j H^j$$

非球面係数におけるe-3は×10-3を示す。

F: Fナンバー

ω : 半画角

30 また、以下の図の球面収差図においてd線を実線、g線(コマ収差)を破線、C線を一点鎖線、F線を二点鎖線で示す。非点収差図においてサジタル像面を実線S、メリディオナル像面を破線Mで示す。

【0022】本発明の実施例1のズームレンズにおける第1レンズ群IのレンズL1,L2,L3各々の硝材と ΔP との関係は表1～表4に示すとおりであり、レンズL3の物体側の面に複合非球面を形成している。下記の表1は硝材の種類と偏差との関係を示したものであり、表2は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表3は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表4は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

【数値例1】

【0023】

【表1】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	FC5	+0.0091
レンズL3	FC5	+0.0091

【0024】

* * 【表2】

第i面の 曲率半径		第i面の後ろの 面間隔		レンズLiの材質の d線における屈折率		レンズLiの材質の アッペ数	
r 1	34.015	d 1	0.262	n 1	1.84666	v 1	23.8
r 2	12.255	d 2	0.818	n 2	1.48749	v 2	70.4
r 3	-28.215	d 3	0.048				
r 4	5.222	d 4	0.029	n 3	1.53610	v 3	41.2
r 4	5.473	d 4	1.069	n 3	1.48749	v 3	70.4
r 5	-327.931	d 5	可変				
r 6	11.209	d 6	0.166	n 4	1.83400	v 4	37.3
r 7	1.372	d 7	0.800				
r 8	-2.518	d 8	0.258	n 5	1.54814	v 5	45.8
r 9	2.104	d 9	0.522	n 6	1.84666	v 6	23.8
r 10	-109.430	d 10	可変				
r 11	絞り	d 11	0.166				
r 12	4.723	d 12	0.598	n 7	1.58313	v 7	59.5
r 13	-19.647	d 13	可変				
r 14	4.291	d 14	0.240	n 8	1.84666	v 8	23.8
r 15	1.815	d 15	1.053	n 9	1.69350	v 9	53.5
r 16	-6.228	d 16	可変				
フィク	∞	d	0.654	n	1.51680	v	64.2
	∞	back focus	0.283				

【0025】

* * 【表3】

焦点距離	1.000	6.558	17.768
Fナンバー	1.55	2.05	3.12
2ω (度)	59.20	9.22	3.42
d 5	0.214	5.052	6.444
d 10	6.586	1.738	0.357
d 13	2.453	1.358	2.937
d 16	2.420	3.515	1.935

【0026】

★ ★ 【表4】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 4	-0.3384 e-3	-0.1461 e-4	+0.1838 e-6	-0.4124 e-7
r 13	+0.3997 e-2	-0.8300 e-4	+0.6991 e-4	-0.9995 e-5
r 16	+0.1986 e-2	+0.9975 e-3	-0.6271 e-3	-0.3326 e-4

【0027】このような数値例1を有する実施例1のズームレンズの広角端、ズーム中間位置、望遠端における諸収差は、それぞれ図2、図3、図4に示したようになる。

【0028】図2は、広角端における各収差を示したものであり、図2 (A) はFナンバー=1.55における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したもの

であり、図2 (B) は半画角 $\omega = 29.6^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図2 (C) は半画角 $\omega = 29.6^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0029】図3は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図3 (A) はFナンバー=2.05における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したもの

のであり、図3 (B) は半角画 $\omega = 4.61^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図3 (C) は半画角 $\omega = 4.61^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0030】図4は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図4 (A) はFナンバー=3.12における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図4 (B) は半角画 $\omega = 1.71^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図4 (C) は半画角 $\omega = 1.71^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0031】又、図5は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図5 (A) は半画角 $\omega = 1.71^\circ$ 、図5 (B) は半画角 $\omega = 1.20^\circ$ 、図5 (C) は半画角 $\omega = 0.86^\circ$ 、図5 (D) は半画角 $\omega = 0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示したものである。

【0032】次に、他の実施例である参考例1のズームレンズについて、図6を参照にして説明する。

【0033】参考例1のズームレンズは、図6に示すよう²⁰に、上述した実施例1とほとんど同じ屈折力を有する*

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	BSC7	+0.0015
レンズL3	LaCl4	-0.0059

【0036】

※30※【表6】

第i面の 曲率半径		第i面の後ろの 面間隔		レンズL1の材質のd線 における屈折率		レンズL1の材質の アッペ数	
r 1	11.229	d 1	0.262	n 1	1.84666	v 1	23.8
r 2	6.412	d 2	1.080	n 2	1.51680	v 2	64.2
r 3	-120.970	d 3	0.048				
r 4	6.156	d 4	0.711	n 3	1.69680	v 3	55.5
r 5	19.913	d 5	可変	n 4	1.83400	v 4	37.3
r 6	11.692	d 6	0.166	n 5	1.54814	v 5	45.8
r 7	1.424	d 7	0.745	n 6	1.84666	v 6	23.8
r 8	-2.738	d 8	0.842				
r 9	2.126	d 9	0.512				
r 10	181.001	d 10	可変				
r 11	絞り	d 11	0.166				
r 12	5.028	d 12	0.585	n 7	1.58913	v 7	61.3
r 13	-19.677	d 13	可変	n 8	1.84666	v 8	23.8
r 14	3.502	d 14	0.240	n 9	1.69350	v 9	53.5
r 15	1.641	d 15	1.109				
r 16	-7.379	d 16	可変				
7イント	∞	d	0.654				
	∞	back focus	0.283	n	1.51680	v	64.2

【0037】

【表7】

*レンズの配置、即ち、第1レンズ群I、移動可能な第2レンズ群II、第3レンズ群III（非球面ASP4）、移動可能な第4のレンズ群IV（非球面ASP5）で構成され、第1レンズ群IのレンズL1、L2、L3が全て球面のみからなる構成となっており、フィルタFを介して撮像素子IMGで結像する。尚、第2レンズ群IIと第3レンズ群IIIとの間であって、第3レンズ群IIIに近接した位置に絞り機構Sを備えた構造となっている。

【0034】このような構成からなる参考例1のズームレンズにおいて、第1レンズ群Iを構成するレンズL1、L2、L3各々の硝材と ΔP の関係及びその収差を示す参考数値例1は、下記の表5～表8に示すとおりである。表5は硝材の種類と偏差 (ΔP) との関係を示したものであり、表6は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表7は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表8は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。【参考数値例1】

【0035】

【表5】

11

12

焦点距離	1.000	5.948	17.768
Fナンバー	1.55	1.98	3.02
2ω(度)	59.20	10.32	3.44
d 5	0.214	4.976	6.479
d 10	6.622	1.860	0.357
d 13	2.753	1.874	3.428
d 16	2.171	3.050	1.496

【0038】

* * 【表8】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 13	+0.3398 e-2	-0.1510 e-4	+0.5302 e-4	-0.9898 e-5
r 16	+0.2122 e-2	+0.1186 e-3	+0.5128 e-3	-0.7506 e-3

【0039】このような参考数値例1を有する参考例1のズームレンズの各収差は、図7、図8、図9、図10に示してあり、又、これらの各収差と本発明（実施例1）と比較すると、図7は図2と、図8は図3と、図9は図4と、図10は図5とがそれぞれ比較対象となる。

【0040】図7は、広角端における各収差を示したものであり、図7（A）はFナンバー=1.55における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図7（B）は半画角 $\omega = 29.6^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像画を表したM線であり、図7（C）は半画角 $\omega = 29.6^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0041】図8は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図8（A）はFナンバー=1.98における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図8（B）は半画角 $\omega = 5.16^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像画を表したM線であり、図8（C）は半画角 $\omega = 5.16^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0042】図9は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図9（A）はFナンバー=3.02における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図9（B）は半画角 $\omega = 1.72^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像画を表したM線であり、図9（C）は半画角 $\omega = 1.7^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0043】又、図10は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図10（A）は半画角 $\omega = 1.72^\circ$ 、図10（B）は半画角 $\omega = 1.20^\circ$ 、図10（C）は半画角 $\omega = 0.86^\circ$ 、図10（D）は半画角 $\omega = 0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示したものである。

【0044】次に、実施例2のズームレンズについて、図11を参照して説明する。実施例2のズームレンズは、図11に示すように、物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群I（非球面ASP6）、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群II、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群III（非球面ASP7）、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群IV（非球面ASP8、ASP9）から構成され、フィルタFを介して撮像素子IMGに結像される。尚、第3レンズ群IIIと第4レンズ群IVとの間であって第3レンズ群III寄りの位置に絞り機構Sを備えた構造となっている。

【0045】この第1レンズ群Iは物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メンスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面を向けた凸レンズL3となり、凸レンズL3の物対側の面を非球面とし、実施例1で説明した条件式（1）乃至（3）を満足する構成となっている。実施例において、この凸レンズL3の非球面は、樹脂の非球面層ASを形成した複合非球面である。

【0046】このような構成からなる実施例2のズームレンズの数値例2は、表9～表12に示す通りであり、表9はレンズL1、L2、L3各々の硝材の種類と偏差(ΔP)との関係を示したものであり、表10は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表11は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表12は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

【数值例2】

【0047】

【表9】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	FC5	+0.0091
レンズL3	BaCDt5	+0.0008

【0048】

* * 【表10】

第i面の 曲率半径		第i面の後ろの 面間隔		レンズL1の材質のd線 における屈折率		レンズL1の材質の アッペ数	
r 1	10.483	d 1	0.233	n 1	1.84666	v 1	23.8
r 2	5.156	d 2	0.964	n 2	1.48749	v 2	70.4
r 3	-38.528	d 3	0.047				
r 4	3.848	d 4	0.903	n 3	1.62299	v 3	58.1
r 5	43.774	d 5	可变	n 4	1.83500	v 4	43.0
r 6	7.469	d 6	0.140	n 5	1.58913	v 5	61.3
r 7	1.233	d 7	0.688	n 6	1.84666	v 6	23.8
r 8	-1.597	d 8	0.140				
r 9	2.081	d 9	0.399	n 7	1.58313	v 7	59.5
r 10	-71.910	d 10	可变	n 8	1.69350	v 8	58.3
r 11	3.051	d 11	0.387	n 9	1.84666	v 9	23.8
r 12	-92.940	d 12	0.536	n 10	1.58313	v 10	59.5
r 13	絞り	d 13	可变				
r 14	1.876	d 14	0.397				
r 15	8.689	d 15	0.210				
r 16	1.742	d 16	0.529				
r 17	-6.264	d 17	可变				
フリル	∞	d	0.750	n	1.51680	v	64.2
	∞	back focus	0.277				

【0049】

* * 【表11】

焦点距離	1.000	4.853	9.670
Fナンバー	1.85	2.21	2.15
2ω(度)	57.90	12.22	6.08
d 5	0.186	2.592	3.391
d 10	3.379	0.974	0.175
d 13	1.126	0.426	1.171
d 17	1.434	2.134	1.389

【0050】

★ ★ 【表12】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 4	-0.4590 e-3	-0.3777 e-4	-0.1280 e-5	-0.2467 e-6
r 11	-0.6814 e-2	-0.4106 e-2	-0.4477 e-3	+0.9868 e-3
r 14	+0.1958 e-2	+0.1154 e-1	+0.2771 e-2	+0.3072 e-2
r 17	+0.5002 e-1	+0.4852 e-1	-0.4021 e-1	+0.6908 e-1

【0051】このような数値例1を有する実施例2のズームレンズにおける各収差は、図12、図13、図14に示し、それぞれ広角端、ズーム中間位置、望遠端における諸収差を示したものである。

【0052】図12は、ズーム広角端における各収差を示したものであり、図12(A)はFナンバー=1.850

5における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図12(B)は半画角 $\omega = 28.95^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図12(C)は半画角 $\omega = 28.95^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0053】図13は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図13(A)はFナンバー=2.21における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図13(B)は半角画 $\omega = 6.11^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図13(C)は半画角 $\omega = 6.11^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0054】図14は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図14(A)はFナンバー=2.15における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図14(B)は半角画 $\omega = 3.04^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図14(C)は半画角 $\omega = 3.04^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0055】又、図15は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図15(A)は半画角 $\omega = 3.04^\circ$ 、図15(B)は半画角 $\omega = 2.15^\circ$ 、図15(C)は半画角 $\omega = 1.55^\circ$ 、図5(D)は半画角 $\omega = 0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示したものである。

【0056】次に、参考例2におけるズームレンズについて、図16を参照して説明する。参考例2のズームレ

*ンズは、図16に示すように、上述した実施例2(図1参照)とほとんど同じ屈折力のレンズを配置した構成となっており、第1レンズ群I、移動可能な第2レンズ群II、第3レンズ群III(非球面ASP10)、移動可能な第4のレンズ群IV(非球面ASP11、ASP12)とから構成され、フィルタFを介して撮像素子IMGに結像される。この第1レンズ群Iの各レンズL1、L2、L3は球面のみからなるレンズで構成されている。尚、第3のレンズ群IIIと第4のレンズ群IVとの間であって第3のレンズ群III寄りの位置に絞り機構Sを備えた構造となっている。

【0057】このような構成からなる参考例2のズームレンズにおける参考数値例2は、表13～表16に示す通りであり、表13はレンズL1、L2、L3各々の硝材の種類と偏差(ΔP)との関係を示したものであり、表14は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表15は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表16は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

【参考数値例2】

【0058】

【表13】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	LaCl4	-0.0059
レンズL3	TaF3	-0.0067

【0059】

※※【表14】

第i面の 曲率半径		第i面の後ろの 面間隔		レンズLiの材質のd線 における屈折率		レンズLiの材質の アッペ数	
r 1	15.119	d 1	0.230	n 1	1.84666	v 1	23.8
r 2	4.902	d 2	1.034	n 2	1.69680	v 2	55.5
r 3	-25.984	d 3	0.046				
r 4	4.093	d 4	0.640	n 3	1.80420	v 3	46.5
r 5	10.036	d 5	可変				
r 6	5.589	d 6	0.138	n 4	1.83500	v 4	43.0
r 7	1.255	d 7	0.679				
r 8	-1.582	d 8	0.138	n 5	1.62299	v 5	58.1
r 9	1.968	d 9	0.394	n 6	1.84666	v 6	23.8
r 10	180.033	d 10	可変				
r 11	2.828	d 11	0.382	n 7	1.58313	v 7	59.5
r 12	-17.6035	d 12	0.530				
r 13	絞り	d 13	可変				
r 14	3.407	d 14	0.251	n 8	1.69350	v 8	53.3
r 15	46.793	d 15	0.207	n 9	1.84666	v 9	23.8
r 16	2.215	d 16	0.523	n 10	1.58313	v 10	59.5
r 17	-2.356	d 17	可変				
7イカ	∞	d	0.750	n	1.51680	v	64.2
	∞	back focus	0.277				

【0060】

50 【表15】

焦点距離	1.000	4.710	9.652
Fナンバー	1.85	2.21	2.13
2ω(度)	57.10	12.38	6.00
d 5	0.184	2.588	3.355
d 10	3.344	0.939	0.173
d 13	1.264	0.560	1.251
d 17	1.542	2.246	1.555

【0061】

* * 【表16】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 11	-0.6527 e-2	-0.1029 e-1	+0.4659 e-2	+0.1675 e-3
r 14	-0.2797 e-1	-0.1052 e-1	-0.4659 e-2	+0.6534 e-2
r 17	+0.3250 e-2	-0.4105 e-1	+0.4331 e-1	-0.2368 e-1

【0062】このような参考数値例2の各収差図を本発明（実施例2）と比較するために図17、図18、図19、図20に示したものであり、図17は図12と、図18は図13と、図19は図14と、図20は図15とがそれぞれ比較対象となる。

【0063】図17は、広角端における各収差を示したものであり、図17（A）はFナンバー=1.85における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図12（B）は半画角 $\omega=28.55^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図12（C）は半画角 $\omega=28.55^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0064】図18は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図18（A）はFナンバー=2.21における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図18（B）は半画角 $\omega=6.19^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図18（C）は半画角 $\omega=6.19^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0065】図19は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図19（A）はFナンバー=2.13における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図19（B）は半画角 $\omega=3.00^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図19（C）は半画角 $\omega=3.00^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0066】又、図20は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図20（A）は半画角 $\omega=3^\circ$ 、図20（B）は半画角 $\omega=2.12^\circ$ 、図20（C）は半画角 $\omega=1.53^\circ$ 、図20（D）は半画角 $\omega=0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示し

たものである。

【0067】次に、実施例3のズームレンズについて、図21を参照して説明する。実施例3のズームレンズは、図21に示すように、物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群I（非球面ASP13）、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群I I、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群I I I（非球面ASP14）、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群I V（非球面ASP15、ASP16）、ほぼ屈折力がゼロの第5レンズ群Vから構成され、フィルタFを介して撮像素子IMGに結像される構成になっている。

30 上記第1レンズ群Iは物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メニスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面を向けた凸レンズL3となりなり、凸レンズL3の像側の面を非球面とし、上記実施例1で示した条件式（1）乃至（3）を満足する構成となっている。実施例において、凸レンズL3の非球面は、樹脂の非球面層ASを形成した複合非球面である。尚、第2のレンズ群I Iと第3のレンズ群I I Iとの間であって第3のレンズ群I I I寄り位置には絞り機構Sを備えた構造となっている。

40 【0068】このような構成からなる実施例3のズームレンズの数値例3は、表17～表20に示す通りであり、表17はレンズL1、L2、L3各々の硝材の種類と偏差(ΔP)との関係及びその収差を示したものであり、表18は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表19は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表20は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

[数値例3]

【0069】

【表17】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	BSC7	+0.0015
レンズL3	BaCD5	+0.0023

【0070】

* * 【表18】

	第1面の 曲率半径	第1面の後ろの 面間隔	レンズL1の材質のd線 における屈折率	レンズL1の材質の アッペ数
r 1	8.119	d 1	0.227	n 1 23.8
r 2	4.487	d 2	0.613	n 2 54.2
r 3	-18.028	d 3	0.041	
r 4	3.658	d 4	0.820	
r 5	-35.156	d 5	可変	
r 6	6.081	d 6	0.165	n 4 43.0
r 7	1.129	d 7	0.594	
r 8	-1.498	d 8	0.165	n 5 59.0
r 9	1.876	d 9	0.359	n 6 23.8
r 10	160.431	d 10	可変	
r 11	絞り	d 11	0.537	
r 12	2.183	d 12	0.427	n 7 61.3
r 13	-1.500	d 13	0.248	n 8 37.3
r 14	-12.356	d 14	可変	
r 15	10.337	d 15	0.374	n 9 61.3
r 16	-2.249	d 16	可変	
r 17	∞	d 17	0.165	n 10 25.5
r 18	1.812	d 18	0.423	n 11 40.7
r 19	∞	d 19	0.867	
7イムク	∞	d	0.650	n 1 54.2
		back focus	0.246	

【0071】

* * 【表19】

焦点距離	1.000	4.026	7.901
F ナンバー	2.85	3.20	2.87
2 ω (度)	57.02	14.50	7.30
d 5	0.165	2.398	3.193
d 10	3.348	1.115	0.320
d 14	0.816	0.317	0.818
d 16	1.073	1.572	1.071

【0072】

★ ★ 【表20】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 5	+0.2035 e-2	-0.1149 e-3	+0.9851 e-5	
r 12	-0.1463 e-1	+0.4417 e-1	-0.1002 e-0	+0.5499 e-1
r 15	+0.3381 e-1	-0.5382 e-1	+0.1798 e-0	+0.1981 e-1
r 16	+0.5555 e-1	+0.4852 e-2	+0.6904 e-2	+0.1911 e-0

【0073】このような数値例3において、図22、図23、図24はそれぞれ広角端、ズーム中間位置、望遠端における諸収差を示したものである。又、図25に望遠端におけるメリディオナル横収差図を示す。

【0074】図22は、ズーム広角端における各収差を示したものであり、図22(A)はFナンバー=2.8 50 のである。

5における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図22(B)は半画角 $\omega = 28.51^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図22(C)は半画角 $\omega = 28.51^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0075】図23は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図23(A)はFナンバー=3.20における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図23(B)は半角画 $\omega=7.25^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図23(C)は半画角 $\omega=7.25^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0076】図24は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図24(A)はFナンバー=2.87における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図24(B)は半角画 $\omega=3.65^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図24(C)は半画角 $\omega=3.65^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0077】又、図25は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図25(A)は半画角 $\omega=3.65^\circ$ 、図25(B)は半画角 $\omega=2.59^\circ$ 、図25(C)は半画角 $\omega=1.86^\circ$ 、図25(D)は半画角 $\omega=0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示したものである。

【0078】次に、実施例4のズームレンズについて、図26を参照して説明する。実施例4のズームレンズは、図26に示すように、物体側より順に正の屈折力で常時固定の第1レンズ群I(非球面ASP17)、負の屈折力で主に変倍のために移動可能な第2レンズ群I

* I、正の屈折力で常時固定の第3レンズ群III(非球面ASP18)、正の屈折力でズーミングによる焦点位置の補正とフォーカシングのために移動可能な第4レンズ群IV(非球面ASP19、ASP20)と、固定レンズ群Vとから構成され、フィルタFを介して撮像素子IMGに結像する構成となっている。このような構成からなるズームレンズにおいて、上記第1レンズ群Iは物体側より順に物体側に凸面を向けた凹メンスカスレンズL1と凸レンズL2との接合レンズおよび物体側に凸面向けた凸レンズL3となり、凸レンズL2の像側の面に複合非球面を形成し、上記実施例1で示した条件式(1)乃至(3)を満足する構成となっている。尚、第2のレンズ群IIと第3のレンズ群IIIと第3のレンズ群IIIとの間であって、第3のレンズ群III寄り位置に絞り機構Sを備えた構造となっている。

【0079】このような構成からなる実施例4のズームレンズの数値例4は、表21～表24に示す通りであり、表21はレンズL1、L2、L3各々の硝材の種類と偏差(ΔP)との関係を示したものであり、表22は曲率半径に基づく屈折率及びアッベ数との関係を示したものであり、表23は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表24は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

【数値例4】

【0080】

【表21】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	BSC7	+0.0015
レンズL3	BaCD5	+0.0023

【0081】

【表22】

第 <i>i</i> 面の 曲率半径	第 <i>i</i> 面の後ろの 面間隔	レンズLi材質のd線に おける屈折率	レンズLi材質の アッペ数
r 1	8.039	d 1	0.227
r 2	4.494	d 2	0.611
r 3	25.618	d 3	0.025
r 3'	31.330	d 3'	0.041
r 4	3.855	d 4	0.799
r 5	-50.463	d 5	可変
r 6	6.066	d 6	0.165
r 7	1.112	d 7	0.594
r 8	-1.499	d 8	0.165
r 9	1.822	d 9	0.359
r 10	-244.564	d 10	可変
r 11	絞り	d 11	0.537
r 12	2.038	d 12	0.427
r 13	-1.778	d 13	0.248
r 14	49.903	d 14	可変
r 15	7.003	d 15	0.374
r 16	-2.188	d 16	可変
r 17	∞	d 17	0.165
r 18	1.712	d 18	0.423
r 19	∞	d 19	0.867
74#	∞	d	0.650
	∞	back focus	0.246

【0082】

* * 【表23】

焦点距離	1.000	3.934	7.800
F ナンバー	2.85	3.20	2.81
2ω (度)	56.96	14.84	7.40
d 5	0.165	2.353	3.187
d 10	3.348	1.160	0.326
d 14	0.789	0.317	0.849
d 16	1.098	1.570	1.038

【0083】

* * 【表24】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 3'	+0.1156 e-2	-0.6328 e-7	+0.7845 e-5	
r 12	-0.2325 e-1	+0.3579 e-1	-0.6654 e-1	+0.9337 e-2
r 15	+0.3794 e-1	-0.4641 e-1	+0.1798 e-0	+0.7443 e-2
r 16	+0.5883 e-1	+0.1828 e-1	-0.1645 e-2	+0.1866 e-0

【0084】このような数値例4において、図27、図28、図29はそれぞれ広角端、ズーム中間位置、望遠端における諸収差を示したものである。又、図30に望遠端におけるメリディオナル横収差図を示す。

【0085】図27は、ズーム広角端における各収差を示したものであり、図27(A)はFナンバー=2.85における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図27(B)は半画角 $\omega = 28.48^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図27(C)は半画角 $\omega = 28.48^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0086】図28は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図28(A)はFナンバー=3.20における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図28(B)は半画角 $\omega = 7.42^\circ$ に

おける非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図28(C)は半画角 $\omega = 7.42^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0087】図29は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図29(A)はFナンバー=2.81における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図29(B)は半画角 $\omega = 3.70^\circ$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図29(C)は半画角 $\omega = 3.70^\circ$ における歪曲収差を示したものである。

【0088】また、図30は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図30(A)は半画角 $\omega = 3.70^\circ$ 、図30(B)は半画角 $\omega = 2.62^\circ$ 、図30(C)は半画角 $\omega = 1.88^\circ$ 、図30(D)は半画角 $\omega = 0^\circ$ の時のd線、g線、C線、F線

の関係を示したものである。

【0089】次に、参考例3のズームレンズについて、図31を参照して説明する。参考例3のズームレンズは、図31に示すように、上述した実施例3(図21参照)及び実施例4(図26)とほとんど同じ屈折力のレンズを配置した構成となっており、第1レンズ群I、移動可能な第2レンズ群II、第3レンズ群III(非球面ASP21)、移動可能な第4レンズ群IV(非球面ASP22、ASP23)、移動可能な第5レンズ群Vとから構成され、フィルタFを介して撮像素子IMGに結像する構成となっている。この第1レンズ群Iを構成するレンズL1、L2、L3は全てが球面のみからなる*

*レンズで構成されている。

【0090】このような構成からなる参考例3のズームレンズの参考数値例3は、表25～表28に示す通りであり、表25はレンズL1、L2、L3各々の硝材の種類と偏差(ΔP)との関係を示したものであり、表26は曲率半径に基づく屈折率及びアッペ数との関係を示したものであり、表27は焦点距離とd線との関係を示したものであり、表28は非球面係数と曲率半径との関係を示したものである。

【参考数値例3】

【0091】

【表25】

	硝材	ΔP
レンズL1	FDS90	+0.0136
レンズL2	BaCD5	+0.0023
レンズL3	TaFl	-0.0086

【0092】

※※【表26】

第1面の 曲率半径		第1面の後の 面間隔		レンズL1材質の線に おける屈折率		レンズL1材質の アッペ数	
r 1	9.722	d 1	0.227	n 1	1.84666	v 1	23.8
r 2	4.401	d 2	0.836	n 2	1.58913	v 2	61.3
r 3	-47.611	d 3	0.041				
r 4	3.986	d 4	0.568	n 3	1.77250	v 3	49.6
r 5	-12.927	d 5	可変	n 4	1.83500	v 4	43.0
r 6	4.882	d 6	0.165				
r 7	1.155	d 7	0.594	n 5	1.56883	v 5	56.0
r 8	-1.509	d 8	0.165	n 6	1.84666	v 6	23.8
r 9	1.925	d 9	0.359				
r 10	-50.581	d 10	可変	n 7	1.58913	v 7	61.3
r 11	絞り	d 11	0.537	n 8	1.83400	v 8	37.3
r 12	2.326	d 12	0.427				
r 13	-1.508	d 13	0.248	n 9	1.58913	v 9	61.3
r 14	-9.486	d 14	可変	n 10	1.80518	v 10	25.5
r 15	6.235	d 15	0.374	n 11	1.80510	v 11	40.7
r 16	-2.680	d 16	可変				
r 17	∞	d 17	0.165	n 12	1.51680	v 12	64.2
r 18	1.417	d 18	0.423				
r 19	∞	d 19	0.787				
7イタ	∞	d back focus	0.650				
			0.246				

【0093】

★★【表27】

焦点距離	1.000	3.887	7.800
Fナンバー	2.85	3.10	2.82
2ω(度)	57.06	15.00	7.40
d 5	0.165	2.371	3.185
d 10	1.348	1.142	0.328
d 14	0.925	0.455	0.954
d 16	1.048	1.517	1.019

【0094】

【表28】

非球面係数	A 4	A 6	A 8	A 10
r 12	-0.1295 e-1	+0.2673 e-1	-0.6332 e-1	+0.4749 e-1
r 15	+0.3059 e-1	+0.9500 e-2	+0.9660 e-1	+0.4953 e-2
r 16	+0.5358 e-1	+0.2806 e-1	+0.3874 e-1	+0.8047 e-1

【0095】このような参考数値例3の各収差図を本発明(実施例4)と比較するために図32、図33、図34、図35に示したものであり、図32は図27と、図33は図28と、図34は図29と、図35は図30とそれぞれ比較することができる。

【0096】図32は、ズーム広角端における各収差を示したものであり、図32(A)はFナンバー=2.85における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図32(B)は半画角 $\omega = 28.5^{\circ}$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図32(C)は半画角 $\omega = 28.53^{\circ}$ における歪曲収差を示したものである。

【0097】図33は、ズーム中間位置の各収差を示したものであり、図33(A)はFナンバー=3.10における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図33(B)は半画角 $\omega = 7.50^{\circ}$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図33(C)は半画角 $\omega = 7.50^{\circ}$ における歪曲収差を示したものである。

【0098】図34は、望遠端位置の各収差を示したものであり、図34(A)はFナンバー=2.82における球面収差のd線、g線、C線、F線の関係を示したものであり、図34(B)は半画角 $\omega = 3.70^{\circ}$ における非点収差のサジタル像面を表したS線及びメリディオナル像面を表したM線であり、図34(C)は半画角 $\omega = 3.70^{\circ}$ における歪曲収差を示したものである。

【0099】また、図35は望遠端におけるメリディオナル横収差図を示したものであり、図35(A)は半画角 $\omega = 3.7^{\circ}$ 、図35(B)は半画角 $\omega = 2.62^{\circ}$ 、図35(C)は半画角 $\omega = 1.88^{\circ}$ 、図35(D)は半画角 $\omega = 0^{\circ}$ の時のd線、g線、C線、F線の関係を示したものである。

【0100】種々の実施例及び参考例で説明した中で、特に、実施例3と実施例4は、静止画ビデオカメラ用の高画質ズームレンズに採用されているものであり、その参考例では極めて良好な結像性能を実現しており、望遠端の色収差だけが問題として残っていた。

【0101】又、メリディオナル横収差図で明らかのように、g線のコマ収差が、本発明の実施例では他の色のコマと同程度に補正され、100万画素以上の静止画カメラの高い要求性能を特殊低分散ガラスを使わずに達成しているのが分かる。

【0102】更に、各収差図から分かるように、従来は高屈折率ガラスで曲率を緩くすることで補正していた収差を高屈折率ガラスを使わずに非球面で補正しても、球面収差、非点収差、歪曲収差の補正には同様の効果が得られ、副作用がないといえる。

【0103】そして、上記実施例では、第1レンズ群が常時固定の4群ズーム方式と5群ズーム方式に適用した例を示したが、発明の本質は屈折力が正の第1レンズ群と屈折力が負の第2レンズ群の相対間隔を変化させることで変倍を行う全てのズーム方式において、第1レンズ群の硝材の選択と非球面の導入で、上記の効果を上げることであり、実施例に示していない従来から知られたズーム方式においても同様の効果が期待できることは明白である。

【0104】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、高価で量産性に課題が多い硝材FCD1などの超低分散ガラスを用いずに、従来高屈折率ガラスで犠牲にしてきた2次スペクトルを良好に補正することができる。複合非球面の製造コストにもよるが、凸レンズ2枚とも一番安い光学ガラスである硝材BSC7を使用できれば、コスト削減にも効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1におけるズームレンズの構成を示す図である。

【図2】実施例1の数値例1での広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図3】実施例1の数値例1でのズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図4】実施例1の数値例1での望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図5】実施例1の数値例1での望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

【図6】参考例1のズームレンズの構成を示す図である。

【図7】参考例1の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図8】参考例1のズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図9】参考例1の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図10】参考例1の望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

【図11】本発明の実施例2のズームレンズの構成を示す図である。

す図である。

【図12】実施例2の数値例2での広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図13】実施例2の数値例2でのズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図14】実施例2の数値例2での望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図15】実施例2の数値例2での望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

【図16】参考例2のズームレンズの構成を示す図である。

【図17】参考例2の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図18】参考例2のズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図19】参考例2の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図20】参考例2の望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

【図21】本発明の実施例3のズームレンズの構成を示す図である。

【図22】実施例3の数値例3での広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図23】実施例3の数値例3でのズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図24】実施例3の数値例3での望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図25】実施例3の数値例3での望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

10

【図26】本発明の実施例4のズームレンズの構成を示す図である。

【図27】実施例4の数値例4での広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図28】実施例4の数値例4でのズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図29】実施例4の数値例4での望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図30】実施例4の数値例4での望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

【図31】参考例3のズームレンズの構成を示す図である。

【図32】参考例3の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図33】参考例3のズーム中間位置における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図34】参考例3の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図35】参考例3の望遠端におけるメリディオナル横収差図である。

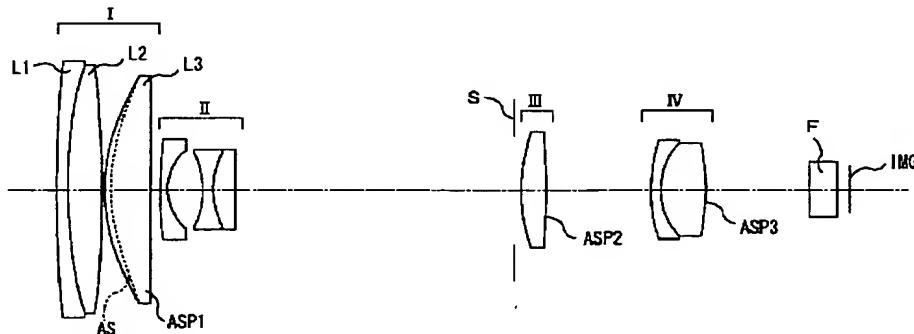
【図36】n/v 硝材分布図である。

【図37】P/v 硝材分布図である。

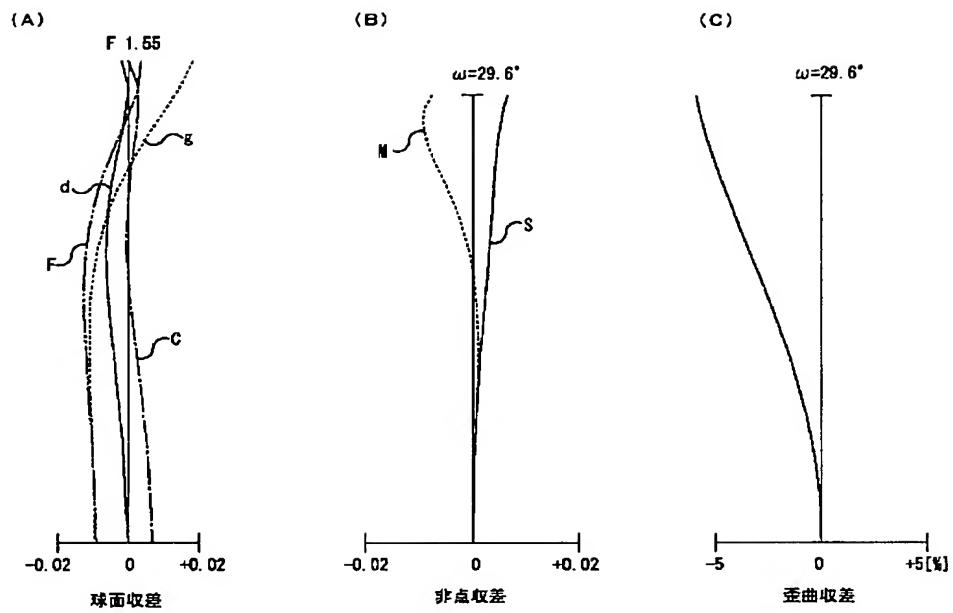
【記号の説明】

I ; 第1レンズ群、II ; 第2レンズ群、III ; 第3レンズ群、IV ; 第4レンズ群、V ; 第5レンズ群、L1 ; 第1レンズ群Iを構成するレンズ、L2 ; 第1レンズ群Iを構成するレンズ、L3 ; 第1レンズ群を構成するレンズ、S ; 絞り、F ; フィルタ、IMG ; 撮像素子、ASP1～ASP23 ; 非球面、AS ; 非球面層

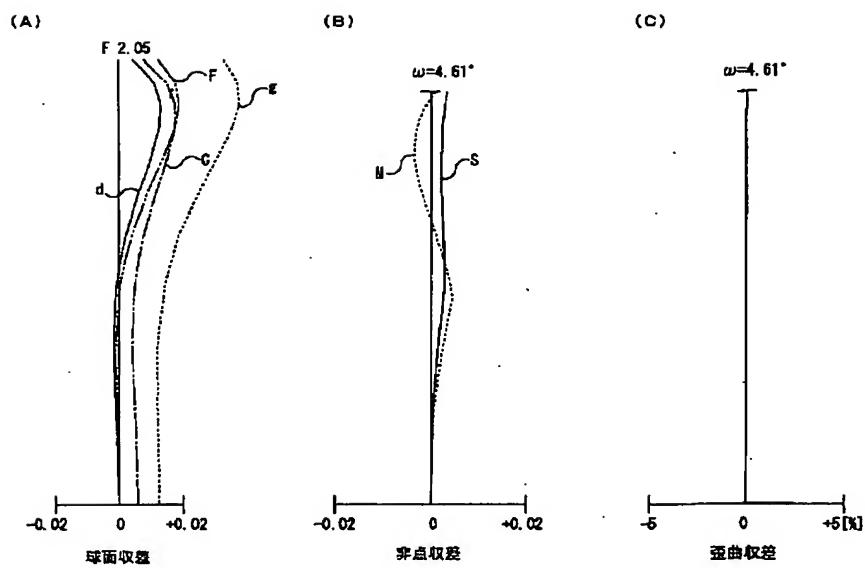
【図1】



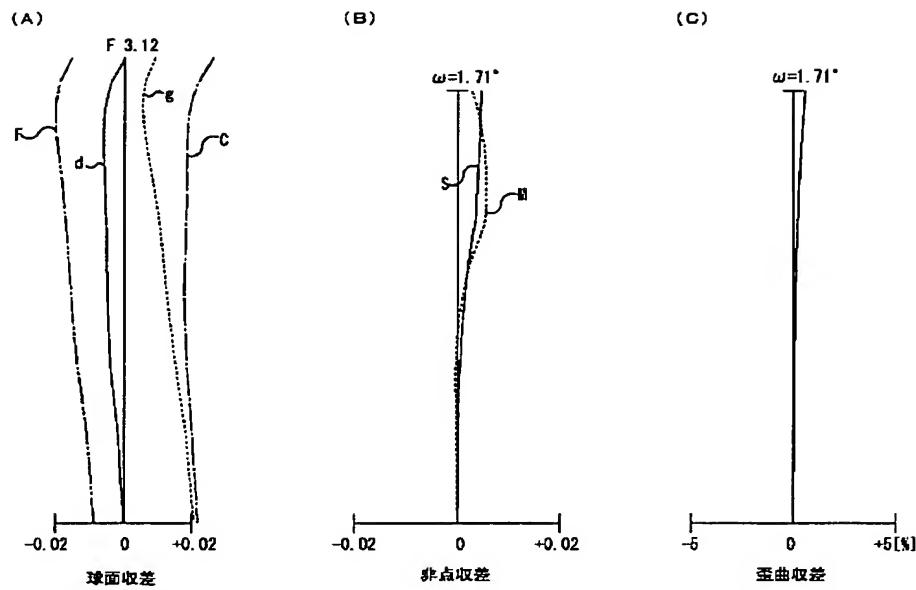
【図2】



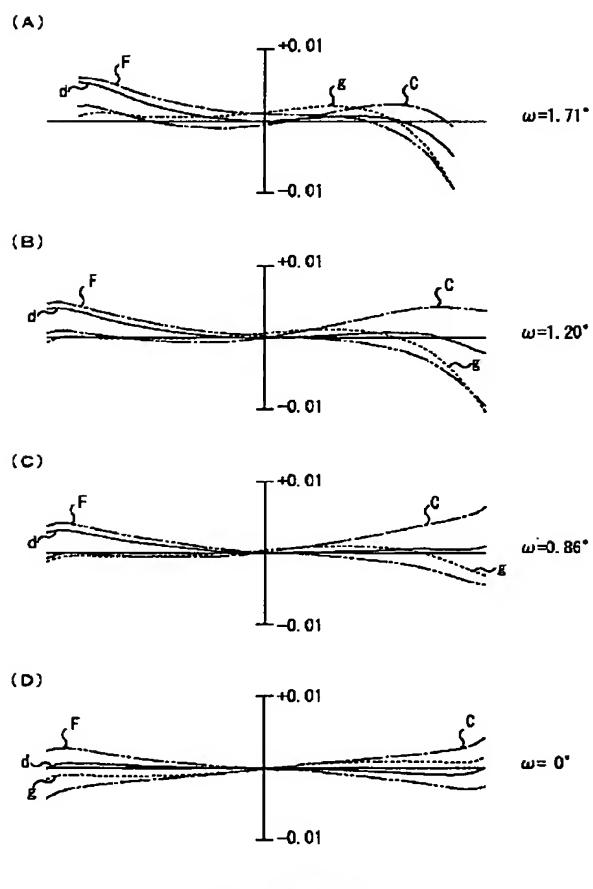
【図3】



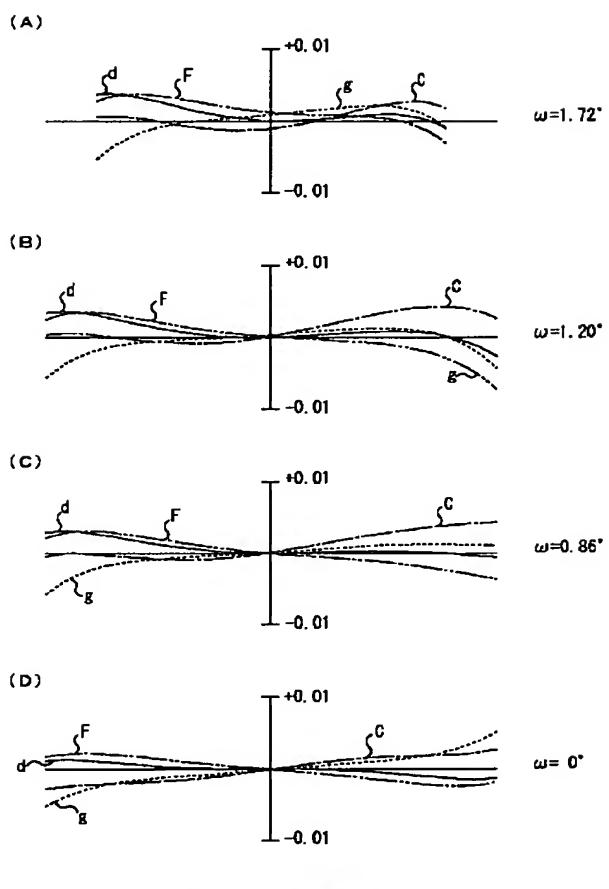
【図4】



【図5】



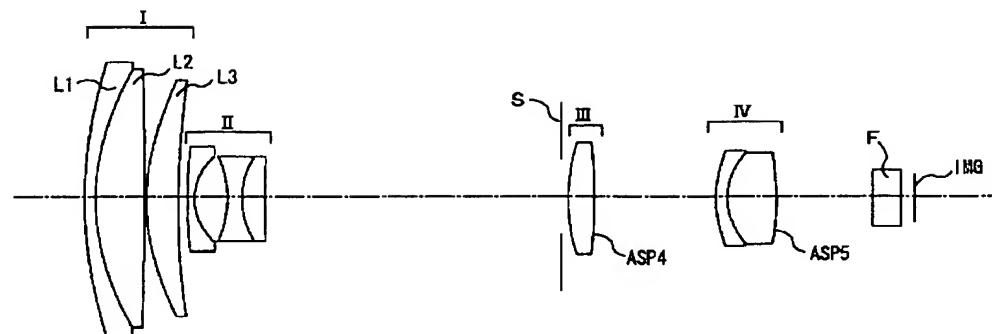
【図10】



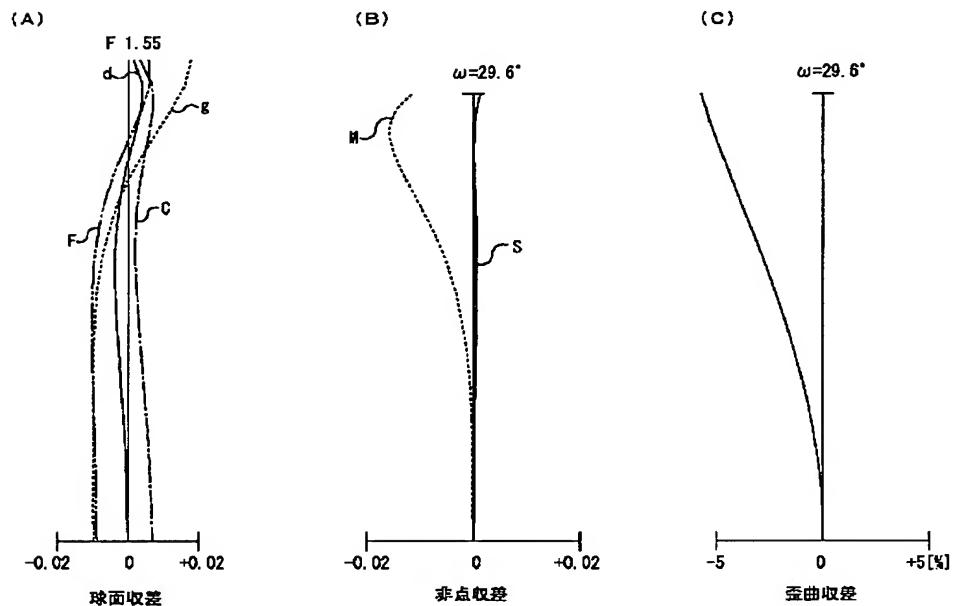
メリディオナル横収差

メリディオナル横収差

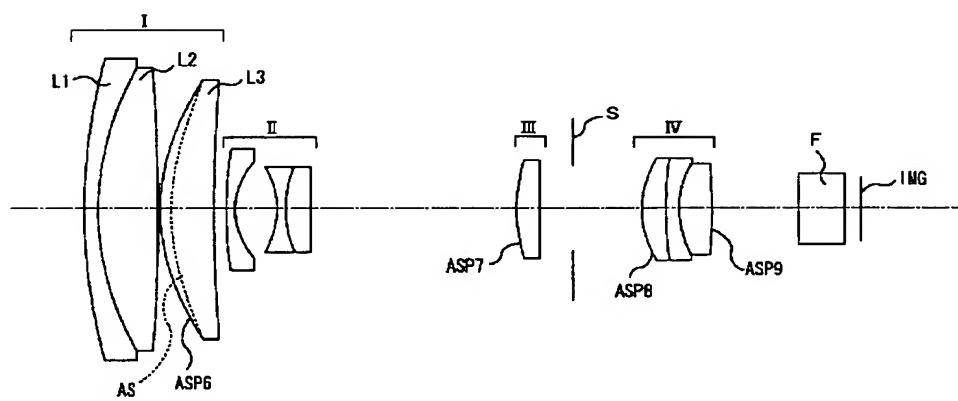
【図6】



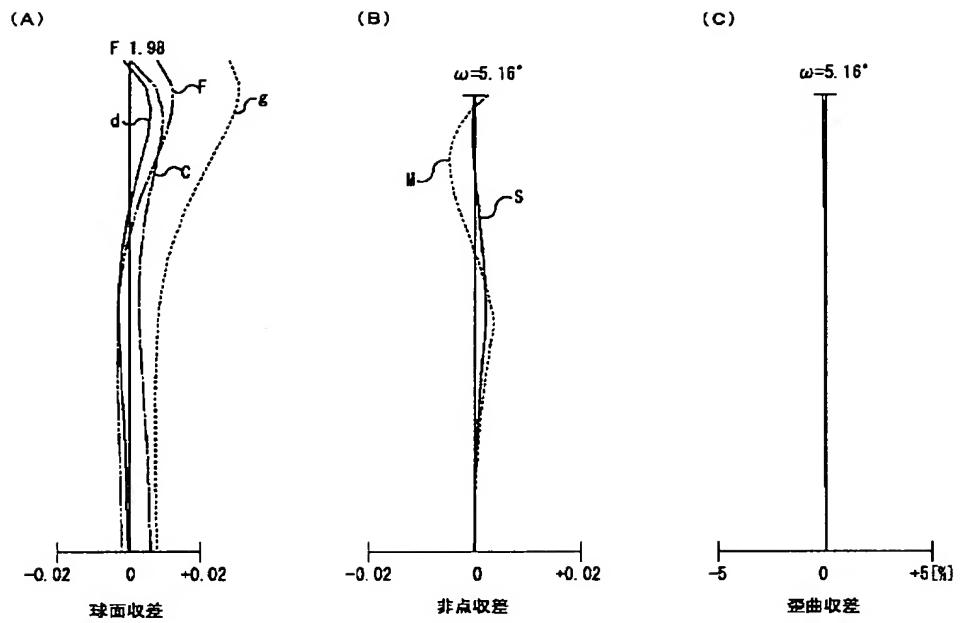
【図7】



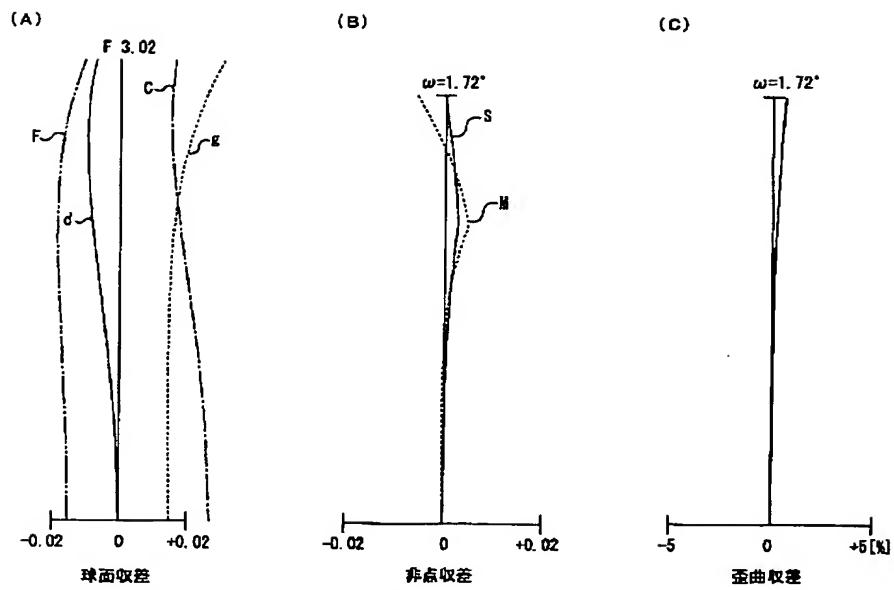
【図11】



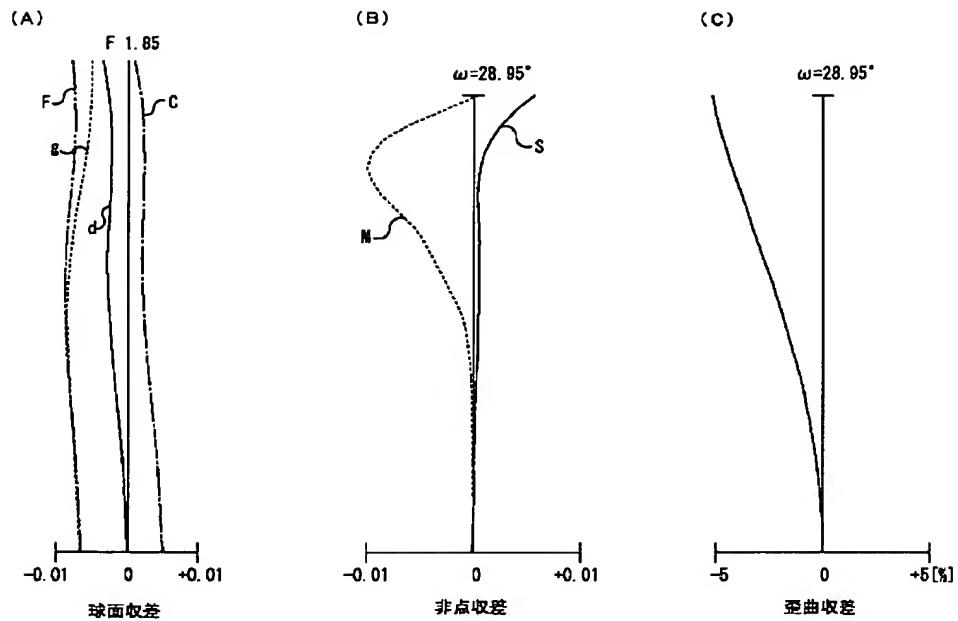
【図8】



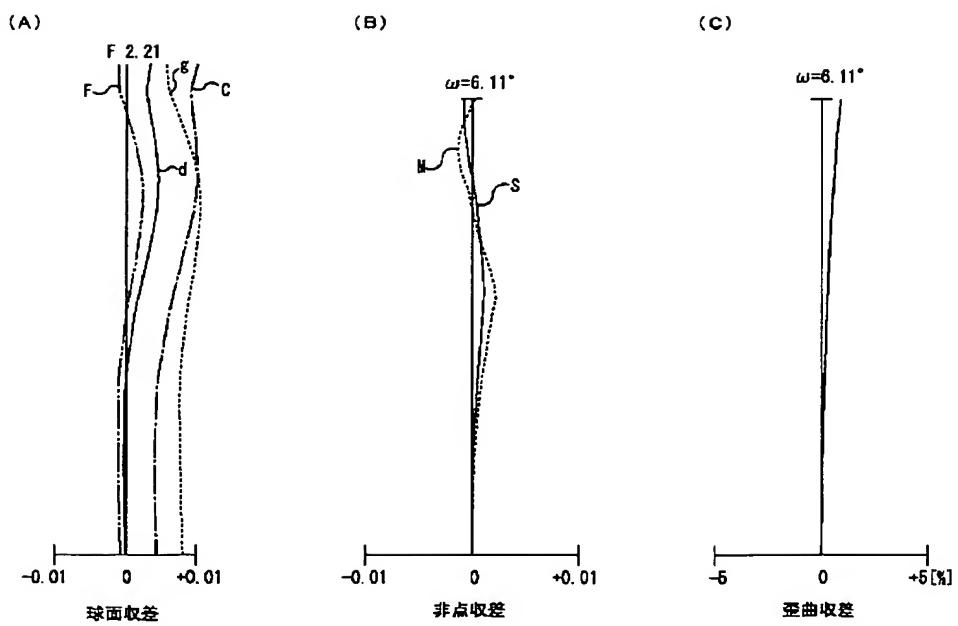
【図9】



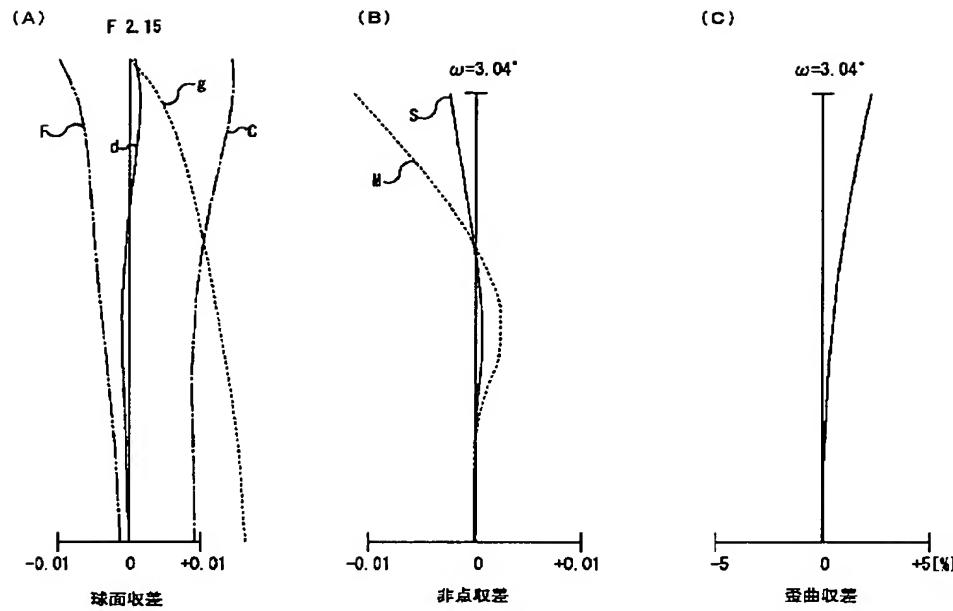
【図12】



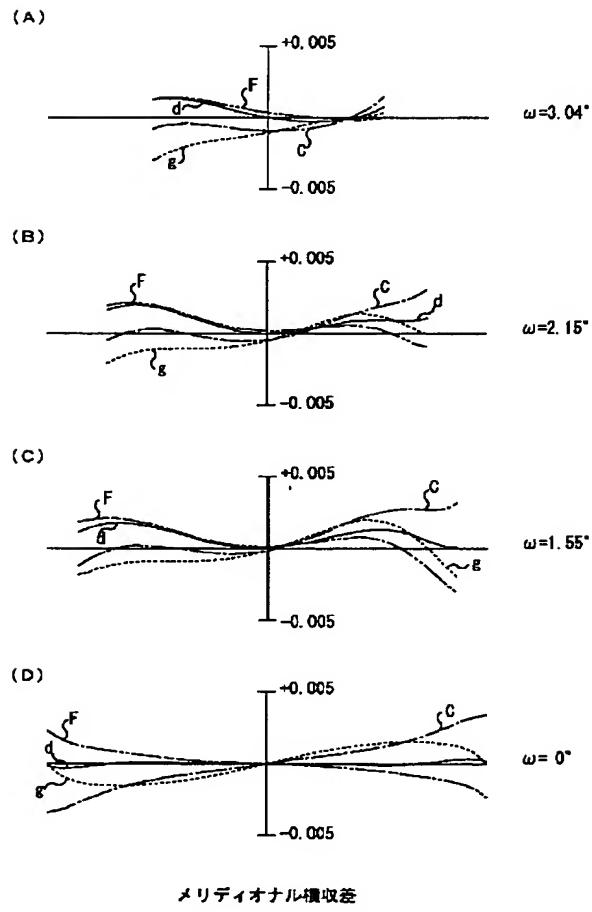
【図13】



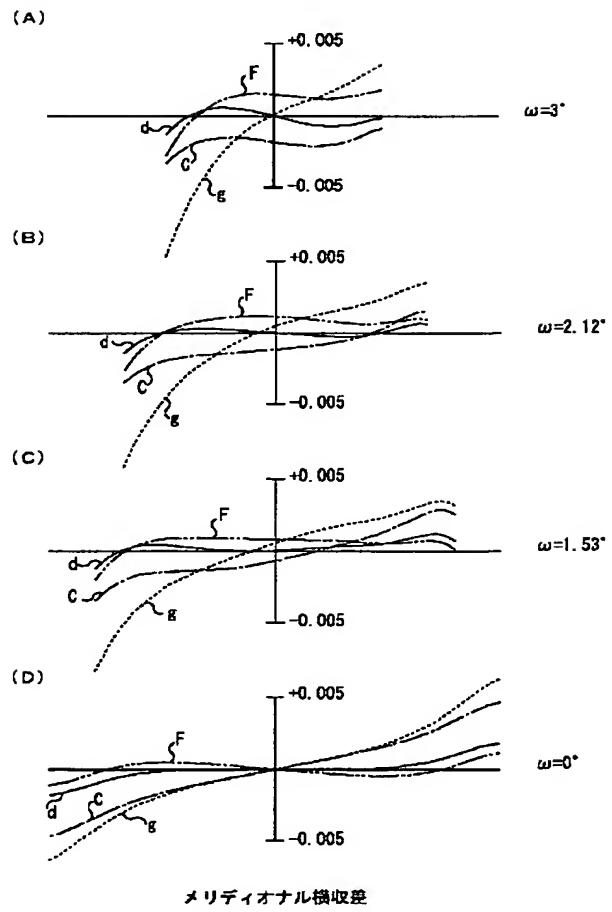
【図14】



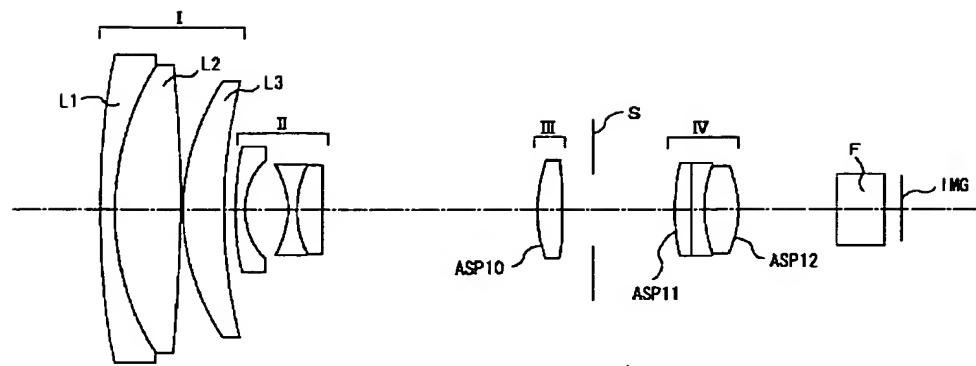
【図15】



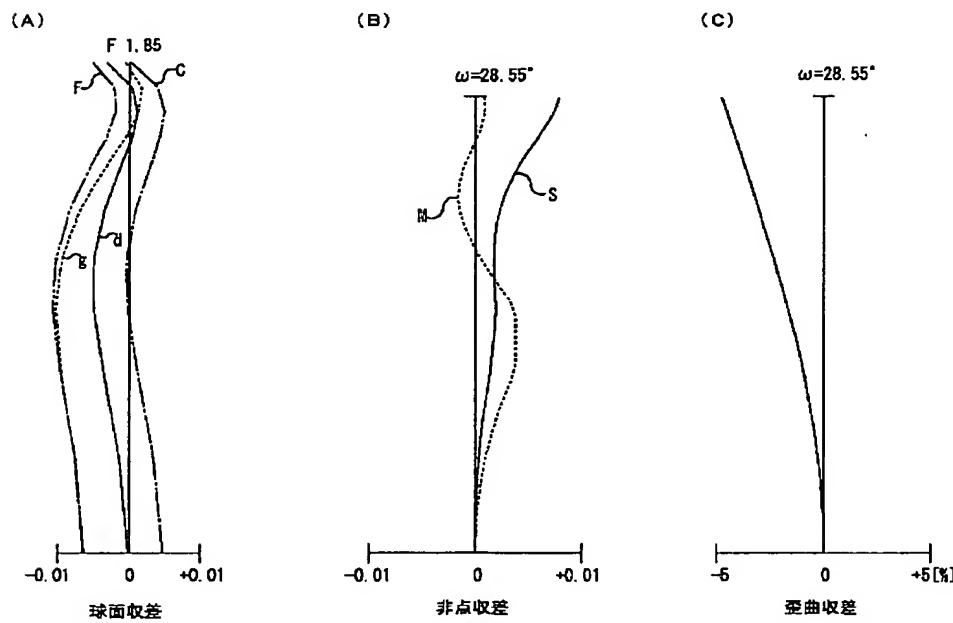
【図20】



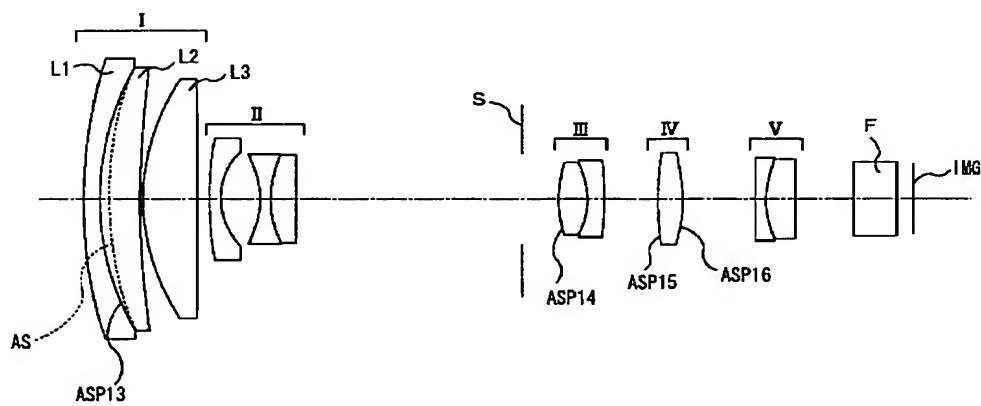
【図16】



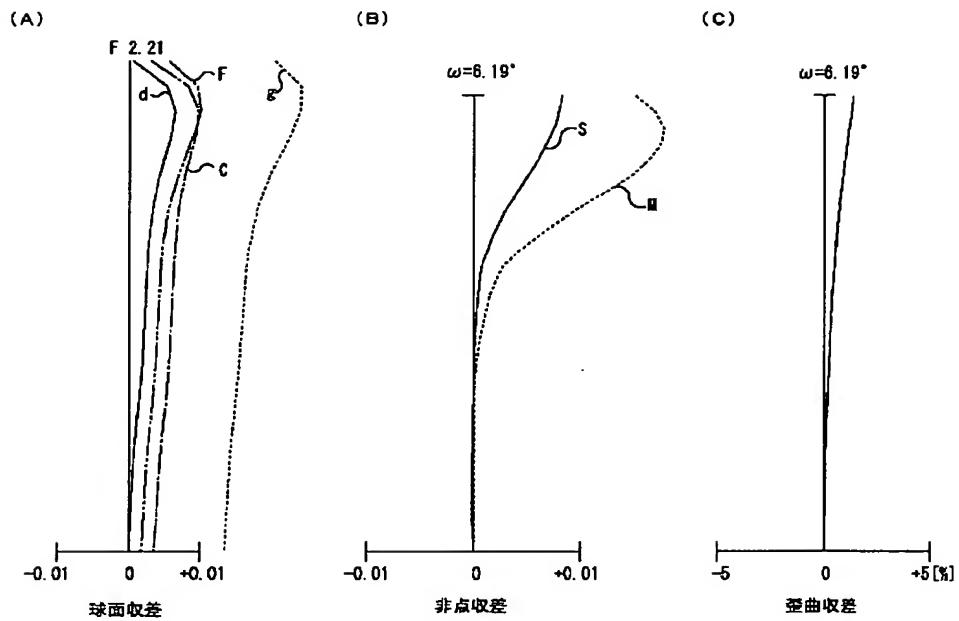
【図17】



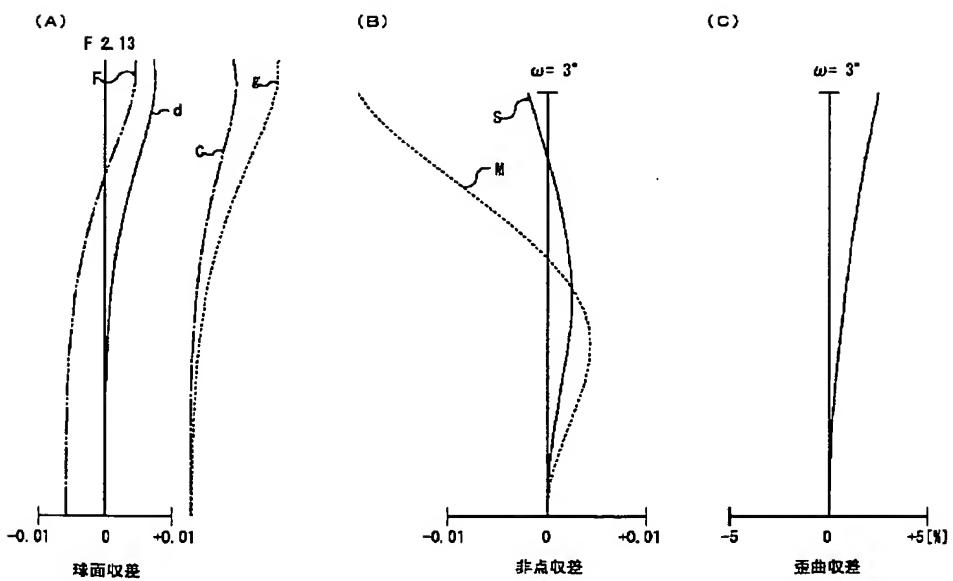
【図21】



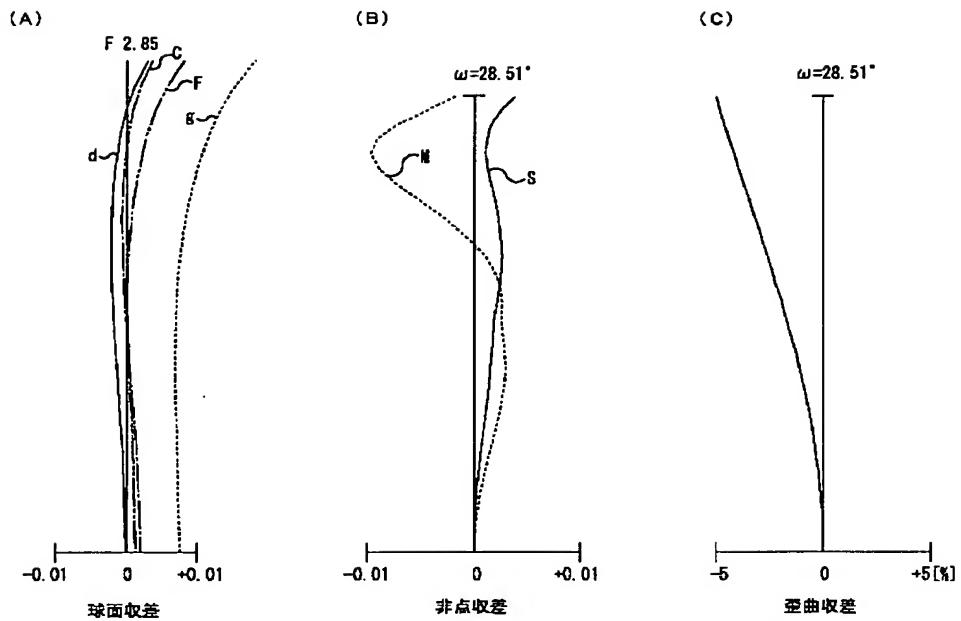
【図18】



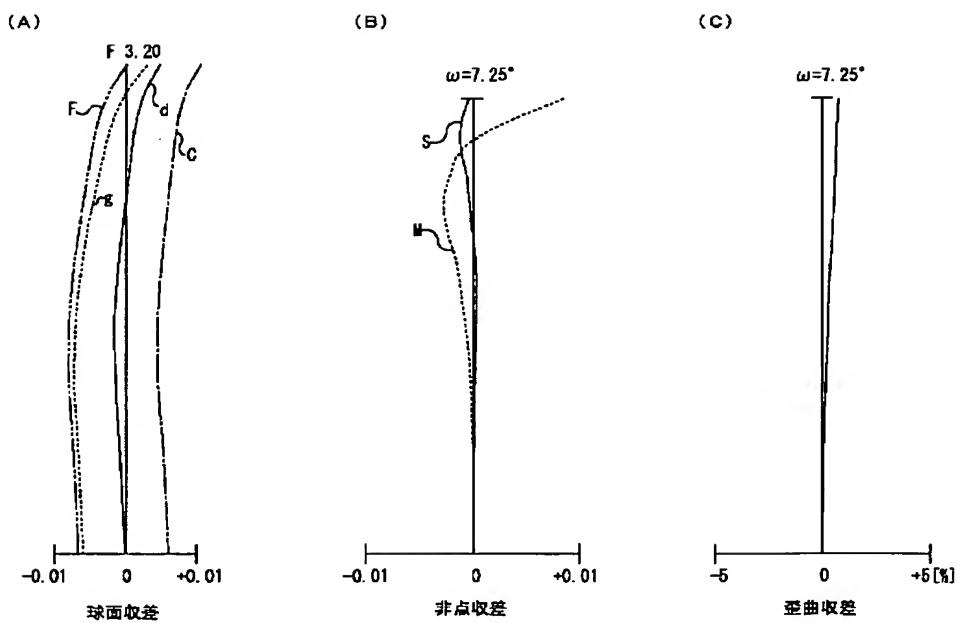
【図19】



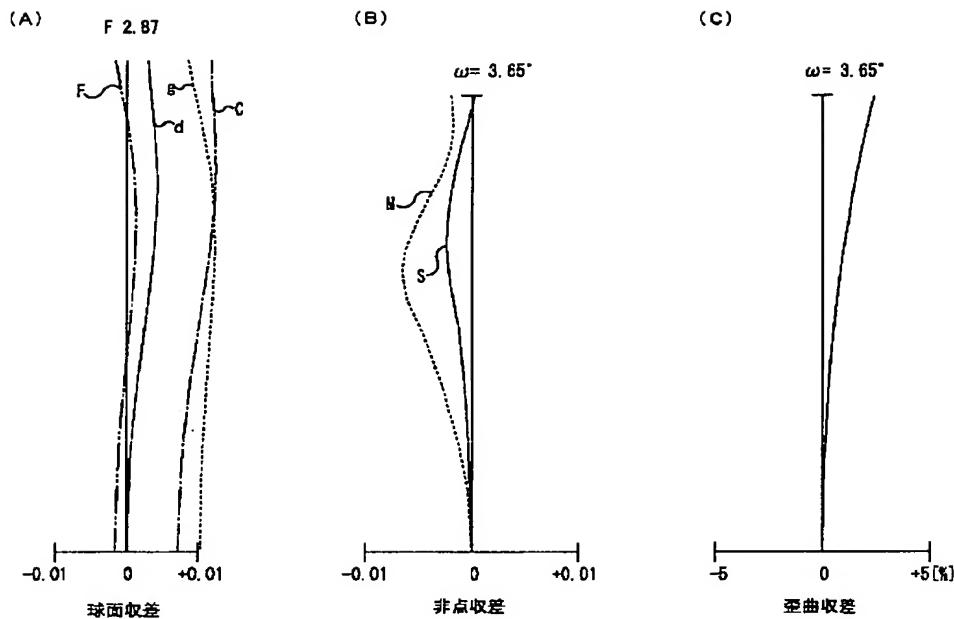
【図22】



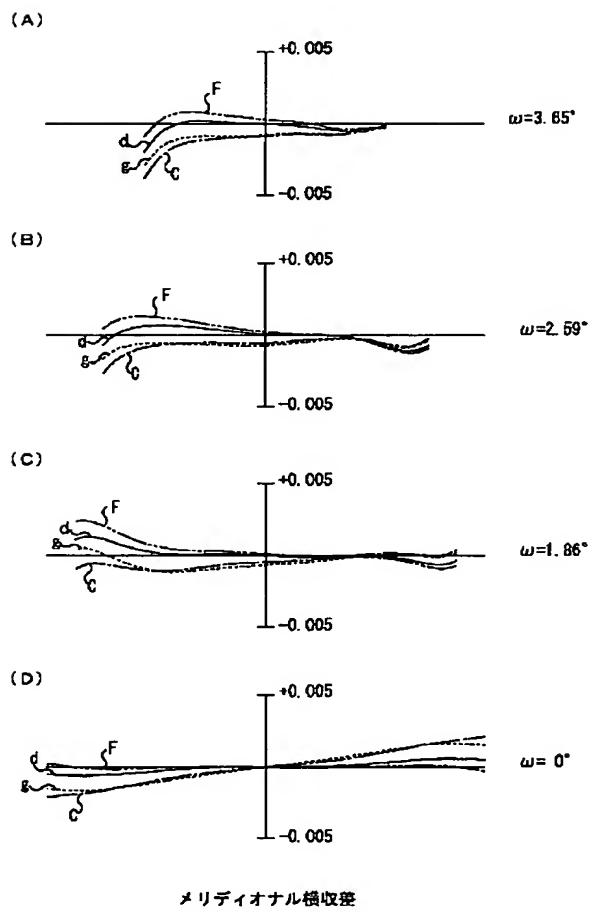
【図23】



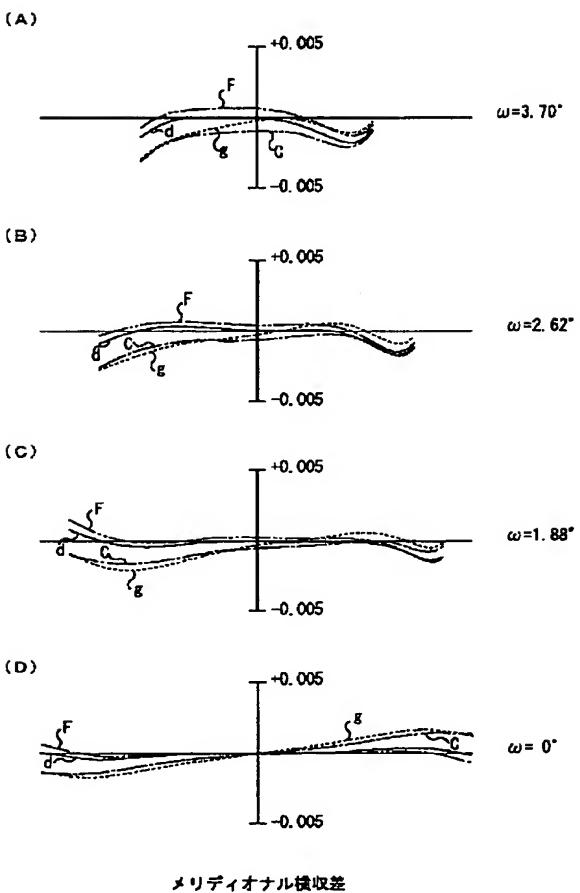
【図24】



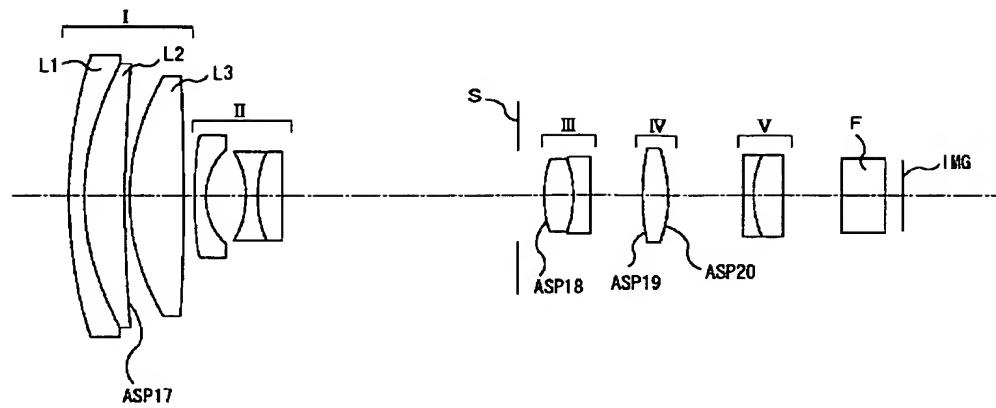
【図25】



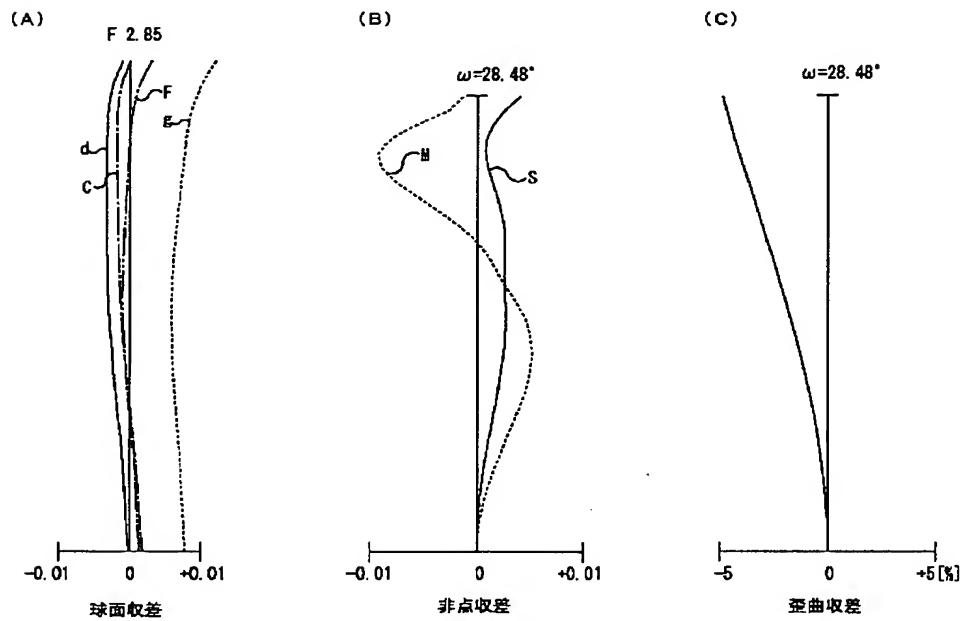
【図30】



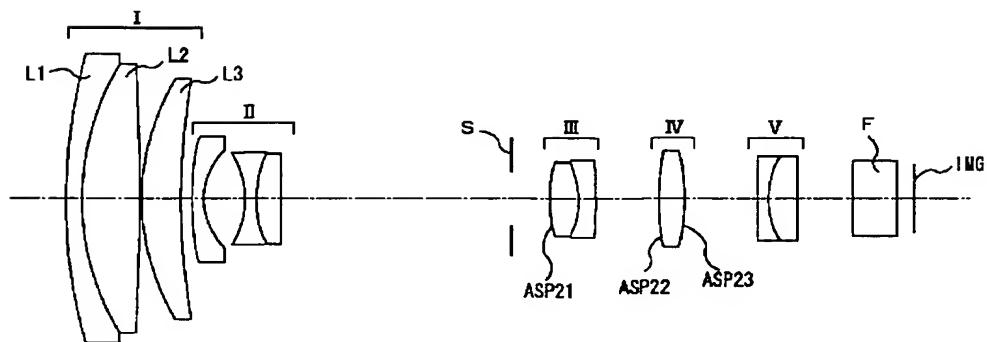
【図26】



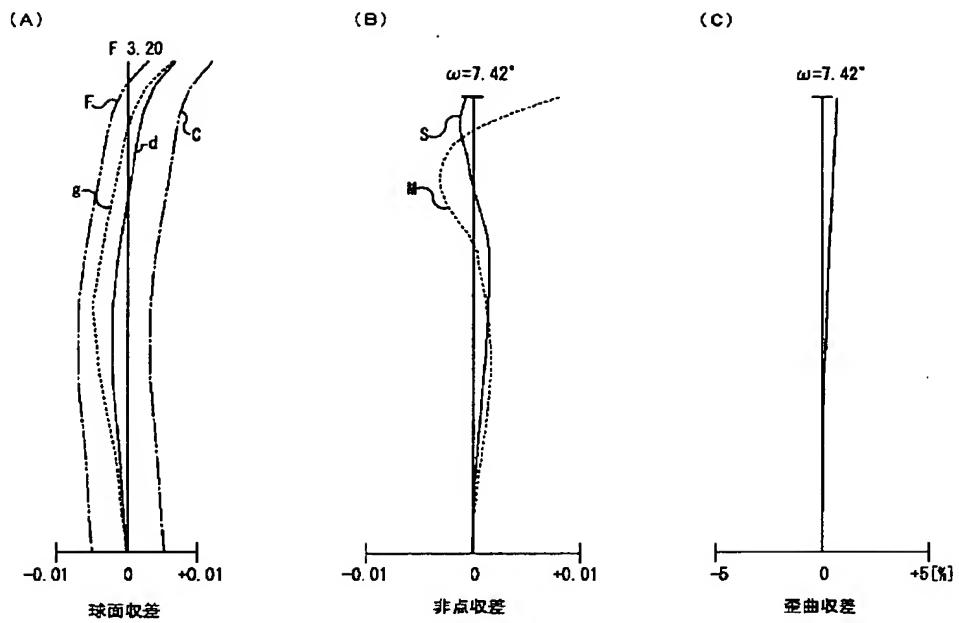
【図27】



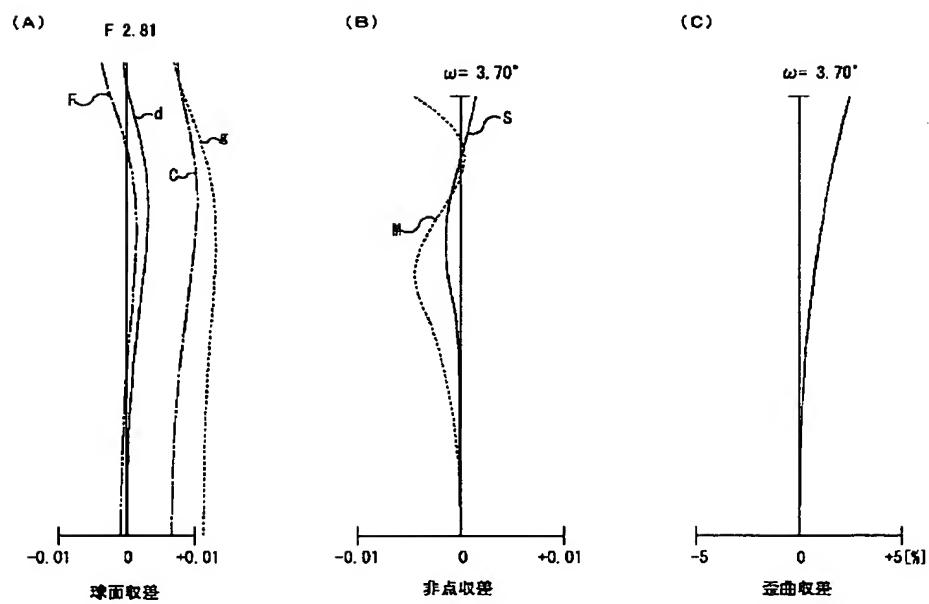
【図31】



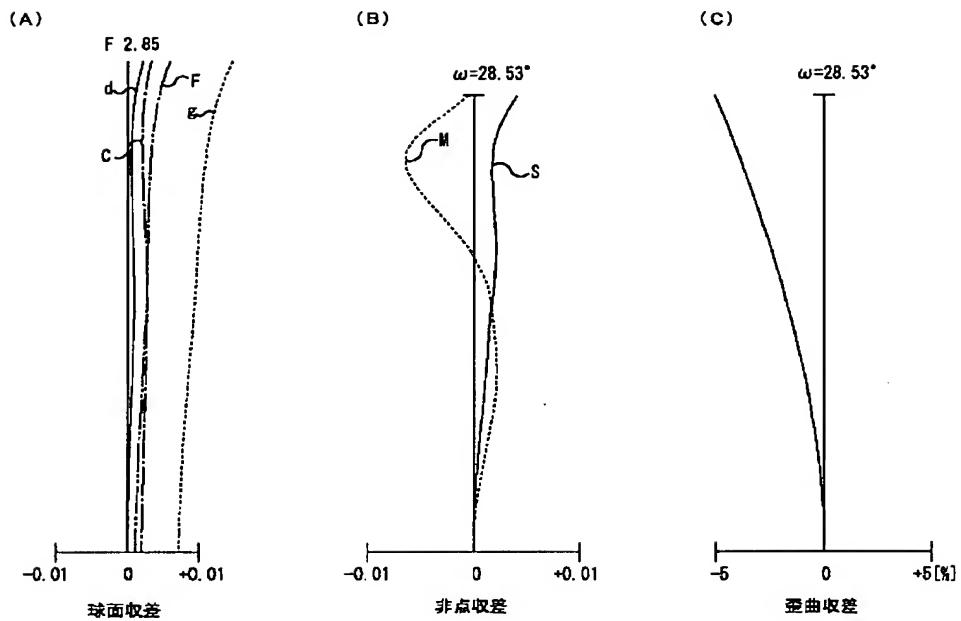
【図28】



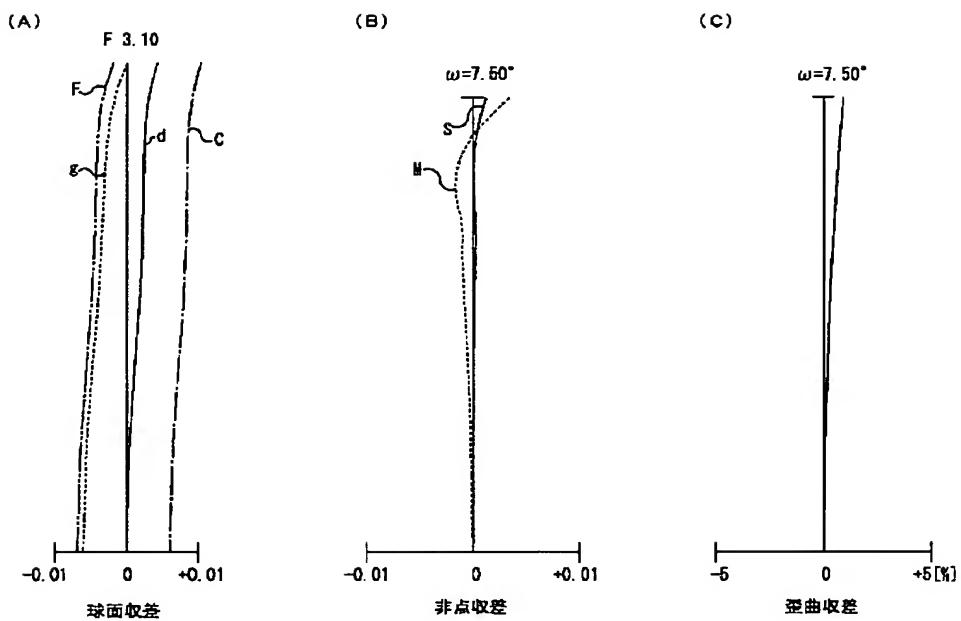
【図29】



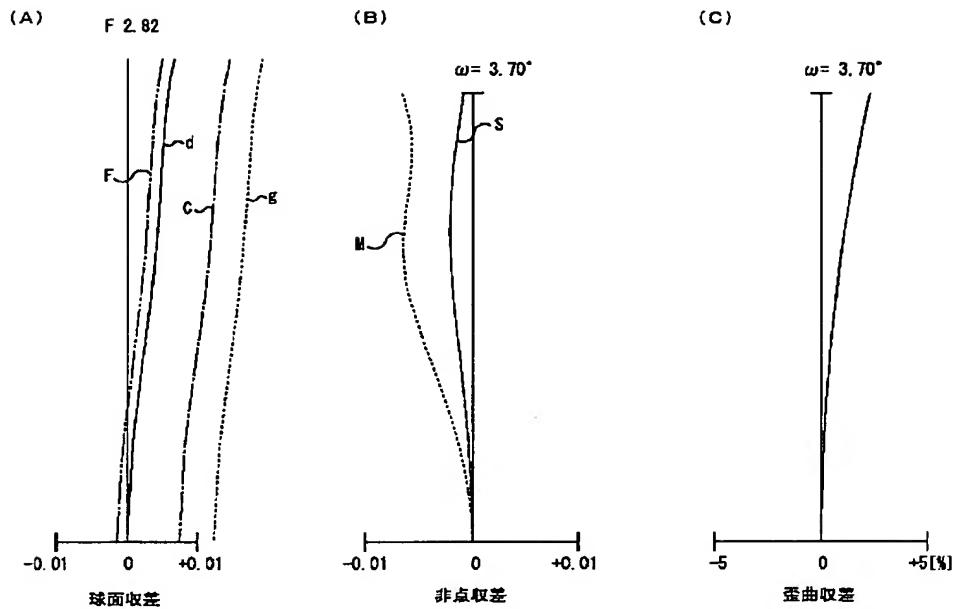
【図32】



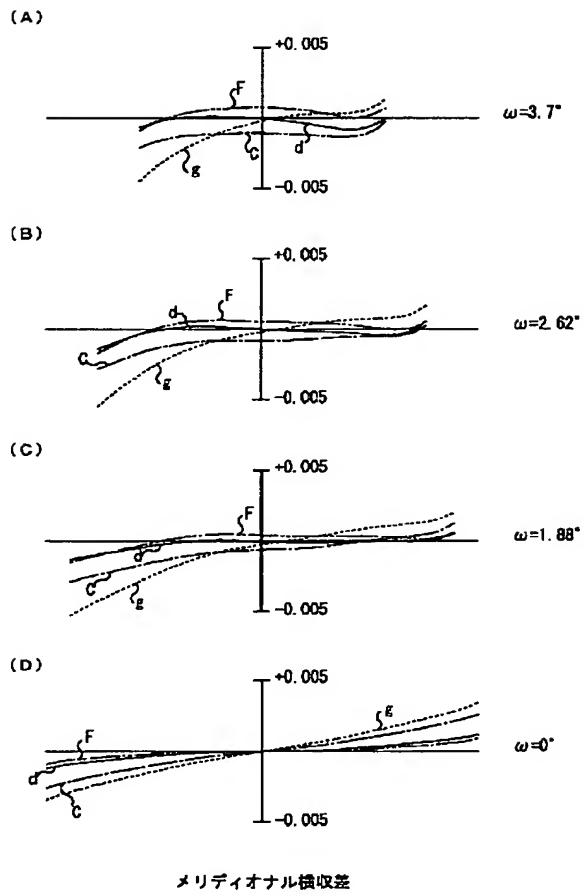
【図33】



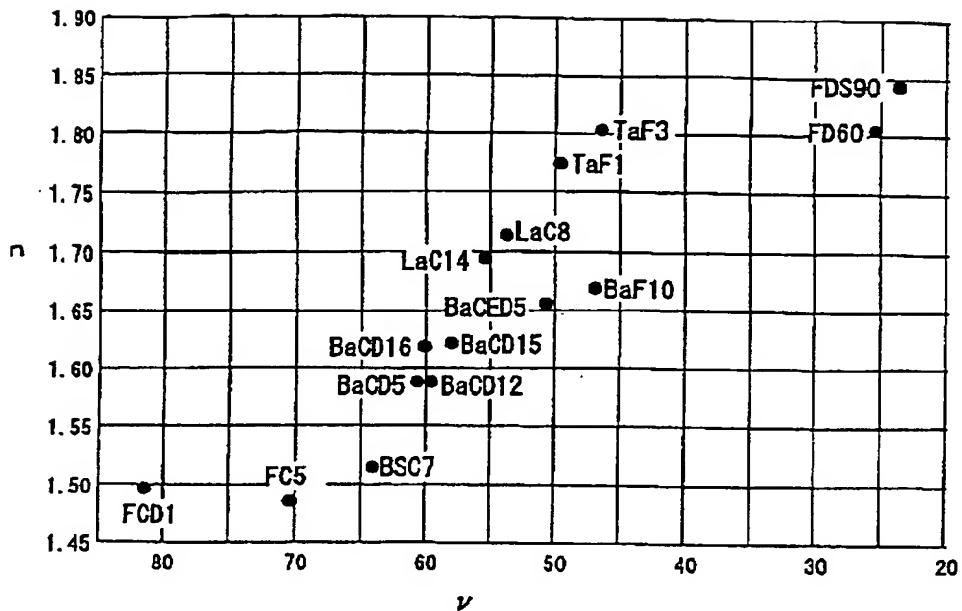
【図34】



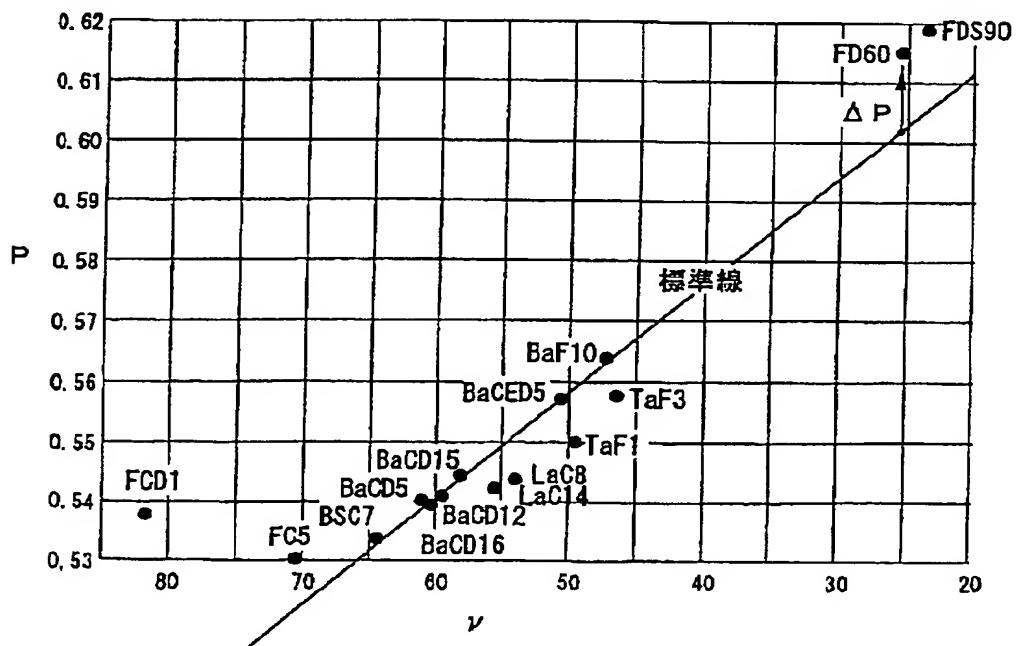
【図35】



【図36】



【図37】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA03 MA15 NA14 PA06 PA07
PA16 PA20 PB09 PB10 PB11
PB12 QA02 QA05 QA07 QA17
QA21 QA25 QA33 QA34 QA42
QA45 RA05 RA12 RA13 RA32
RA43 SA06 SA10 SA23 SA27
SA29 SA32 SA43 SA47 SA49
SA52 SA54 SA63 SA65 SA72
SA74 SB04 SB05 SB14 SB22
SB23 SB32 SB33 SB34 SB43
UA01 UA06
5C022 AB23 AB51 AB66 AC54
9A001 BB06 GG01 KK16